



Naturalis

Repositorio Institucional

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar>

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ciencias Naturales y Museo



Manejo integrado de la plaga *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) en cultivos de frutilla del cinturón hortícola platense

Gugole Ottaviano, María Fernanda

Doctor en Ciencias Naturales

Dirección: Greco, Nancy M.

Co-dirección: Sánchez, Norma

Facultad de Ciencias Naturales y Museo

2013

Acceso en:

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20130827001274>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



Naturalis

Repositorio Institucional
FCNyM - UNLP

Tesis doctoral

**“ Manejo Integrado de la plaga *Tetranychus urticae*
(Acari: Tetranychidae) en cultivos de frutilla del
Cinturón Hortícola Platense”**



Lic. María Fernanda Gugole Ottaviano

Directora: Nancy M. Greco

Co-Directora: Norma E. Sánchez

2012

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo

**Tesis para la obtención del título de
Doctor en Ciencias Naturales.**

**“Manejo Integrado de la plaga *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae)
en cultivos de frutilla del Cinturón Hortícola Platense”**

Lic. María Fernanda Gugole Ottaviano

Directora: Nancy M. Greco

Co-Directora: Norma E. Sánchez

2012

Para Alejandro, mis papás
y mis hermanos.

Agradecimientos

- ❖ Quiero agradecer en primer lugar y muy especialmente a mis directoras, Nancy y Norma por acompañarme en cada etapa de esta tesis, por el tiempo y dedicación; porque son dos profesionales admirables. Y por todos los momentos compartidos, estos años trabajando juntas.
- ❖ A Nancy, por confiar en mí y permitirme realizar esta tesis, por su paciencia, por su ayuda incondicional SIEMPRE, no sólo en lo profesional.
- ❖ A Norma, por brindarme su experiencia en ecología de plagas, sus consejos y por estar siempre presente.
- ❖ A las directoras del Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE) por permitirme desarrollar la tesis en el Instituto.
- ❖ A la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) por las becas otorgadas.
- ❖ A Claudia Cédola, por estar codo a codo en cada paso de la tesis ... y por lo hermosa persona que ha sido conmigo en todo momento...Gracias Clau!!!!
- ❖ A mi amigo Nico, por tantas idas juntos al campo, y por los momentos compartidos en el laboratorio 16, entre trabajo, risas y chocolates.
- ❖ A Margarita, Eliana, Fernanda y Vivina, lindas amigas que conocí en el laboratorio, gracias por tantas tardes de trabajo juntas, compartiendo almuerzos, mates, charlas y risas.
- ❖ A Martha por colaborar siempre que la necesité, llevándome al campo y en el laboratorio.
- ❖ A Nadia, por colaborar en uno de los ensayos.
- ❖ A Pato, Gabi y Gerardo y a todo Ecología de Plagas por compartir tantos momentos durante estos 5 años.
- ❖ A los productores: Marengo, Campagnucci, Maita, García y Zembo, por su buena predisposición para que realice los muestreos en sus quintas.
- ❖ A los chicos del cyber: Santi, Yani y Cristian.
- ❖ A Guillermo por llevarme al campo y colaborar con los muestreos.
- ❖ A Luis, por las fotos de los ácaros, que tanto trabajo dieron.

- ❖ A mis amigas del alma y de la vida: Estefi, Noe, Mari, Vane, Lu, Ce, Caro V., Caro A., Nadia, Marina y Belén por estar siempre al lado mio, escucharme y compartir momentos inolvidables. Las quiero mucho! Y gracias por el hospedaje en esta última etapa!!
- ❖ A mi familia, por estar al lado mío siempre a pesar de tenerlos lejos, en cada momento y por ser quien soy gracias a ellos.
- ❖ A la familia de Alejandro y a la familia Videla que también formaron parte en este proceso de la tesis.
- ❖ A mi papá, muy especialmente, porque sé que desde algún lugar está acompañandome, y porque estuvo y sigue estando presente en cada momento.
- ❖ *Y por último quiero agradecer a Alejandro por ayudarme con los mapas y las fotos...por su amor, sus consejos, su paciencia y por su apoyo incondicional. Gracias amor!*

ÍNDICE

Resumen.....	7
Abstract.....	10

SECCIÓN I. Introducción general

Capítulo 1: Marco teórico.....	14
1.1. Hipótesis, predicciones y objetivo general.....	20
Capítulo 2: Sistema de estudio.....	22
2.1. El cultivo de frutilla	22
2.1.1. Generalidades.....	22
2.1.2. Situación del cultivo en el mercado.....	24
2.2. La plaga <i>Tetranychus urticae</i>	29
2.2.1. Biología y ecología.....	29
2.2.2. Injuria a la planta y métodos de control.....	34
2.3. El depredador <i>Neoseiulus californicus</i>	35
2.3.1. Biología y ecología.....	35
2.3.2. Su uso como agente de control biológico.....	38
2.4. Área de estudio.....	39

SECCION II. Control biológico de *Tetranychus urticae* mediante conservación de *Neoseiulus californicus*

Capítulo 3: Características de las poblaciones de <i>Neoseiulus californicus</i> presentes en el CHP.....	43
3.1. Introducción.....	43
3.2. Materiales y métodos.....	46
3.3. Resultados y Discusión	51

Capítulo 4: Presencia espacio-temporal de *Neoseiulus californicus* en predios del Cinturón Hortícola Platense.....59

4.1. Introducción.....	59
4.2. Materiales y métodos.....	64
4.3. Resultados	72
4.4. Discusión.....	100

Capítulo 5: Recursos alimenticios para *Neoseiulus californicus*, alternativos a su presa principal.....104

5.1. Introducción.....	104
5.2. Materiales y métodos.....	108
5.3. Resultados	112
5.4. Discusión.....	117

SECCION III: Control de *T.etranychus urticae* mediante el uso de variedades apropiadas de frutilla.

Capítulo 6: Evaluación de características biológicas de *Tetranychus urticae* y *Neoseiulus californicus* en distintas variedades de frutilla.....123

6.1. Introducción	123
6.2. Materiales y métodos.....	127
6.3. Resultados	133
6.4. Discusión.....	144

Capítulo 7: Consideraciones finales y pautas para el Manejo Integrado de *Tetranychus urticae* en cultivos de frutilla en el Cinturón Hortícola Platense.....

.....	147
-------	-----

Referencias bibliográficas.....154

Índice de tablas.....191

Índice de figuras.....194

Resumen

En el marco de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, el MIP propone utilizar todas las técnicas y métodos disponibles y compatibles entre sí, para mantener a la población de una plaga en niveles por debajo de aquellos que causan daño económico. Se basa en el análisis de la relación costo/beneficio, considerando los intereses e impactos sobre los productores, la sociedad y el ambiente. Este sistema de manejo tiene un enfoque ecológico y multidisciplinario que requiere conocimientos a nivel poblacional, de comunidades y de ecosistemas. La falta de integración ha sido uno de los principales impedimentos para la implementación del MIP en la agricultura y es el desafío actual de los planes de manejo. En la Argentina, existen aún vacíos de información científica para la integración de distintas técnicas y para el desarrollo del MIP en los agroecosistemas. En esta tesis se abordan dos técnicas de control, el control biológico (CB) por conservación mediante manejo del hábitat y el uso de variedades de cultivo, con un enfoque ecológico basado en el conocimiento de las interacciones planta-herbívoro-enemigo natural (EN). El CB por conservación requiere conocer la diversidad vegetal útil para la presencia y abundancia del agente de control, y el uso de variedades implica evaluar el desempeño de la plaga y sus EN en las mismas. En los cultivos de frutilla a cielo abierto y bajo cubierta del Cinturón Hortícola Platense (CHP), el ácaro depredador *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) es el principal EN de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), “la arañuela de las dos manchas”, una plaga muy importante de este cultivo. El control de la arañuela se realiza, en la actualidad, mediante la aplicación frecuente de acaricidas siguiendo un calendario base. En varios países este ácaro es ampliamente usado para el CB de arañuelas. Posee baja tendencia al canibalismo y amplio rango de alimentos en su dieta, que contribuyen a estabilizar, a bajas densidades de presa, la interacción depredador-presa. Diferencias a nivel de líneas genéticas o poblaciones locales de *N. californicus* han sido encontradas en relación con las condiciones climáticas e independientes de las mismas. Estudios previos en el CHP demuestran que sus poblaciones poseen una elevada coincidencia espacio-temporal con su presa, gran potencialidad para mantener a la plaga en densidades menores al nivel de daño económico y tolerancia a la inanición. Los predios del CHP presentan un mosaico de recursos para *N. californicus* en los cultivos y en la vegetación silvestre, y se conoce que el polen de ciertas plantas, los trips y otros ácaros constituyen alimentos alternativos. Por otra parte, varios autores han identificado variedades resistentes a *T. urticae*, y características físicas y químicas de las plantas que pueden afectar el ataque de estos ácaros y la acción de sus EN. Existe un plan de manejo para

T. urticae en frutilla basado en el control natural por *N. californicus* y la aplicación de acaricidas solo cuando es necesario. Este plan que incluye el monitoreo frecuente mediante un método sencillo de presencia-ausencia que estima la densidad de ambas poblaciones. Su efectividad está muy relacionada con las densidades relativas de ambas especies y la actividad temprana del EN a bajas densidades de la plaga. Este trabajo de Tesis tiene como objetivo general obtener conocimientos sobre dos técnicas de control de *T. urticae* para ser integradas en un MIP en frutilla, el CB por conservación de *N. californicus* mediante el manejo del hábitat, y el uso de variedades de cultivo compatibles. Se realizaron muestreos de *N. californicus*, *T. urticae*, otros ácaros (*Tydeus* spp.) e insectos (áfidos, trips y moscas blancas) comunmente presentes en el cultivo de frutilla, tanto en éste como en hortalizas y en la vegetación silvestre aledaña. Mediante ensayos de laboratorio se caracterizó la población local de este EN, se identificaron alimentos alternativos que permiten su desarrollo y variedades de frutilla más resistentes a la plaga y favorables para el desempeño del depredador. Se evaluó además, el efecto de la pilosidad simple y glandular de la hoja sobre ambas especies. El tiempo de desarrollo de la línea genética de *N. californicus* presente en el CHP fue coincidente con el de varias poblaciones en regiones donde también ejerce un buen control de la plaga, y aún menor que el de otras líneas genéticas. Desarrolla dos generaciones en el tiempo en el que la plaga completa una generación. La supervivencia de los estados preimaginales fue del 100% alimentado con todos los estados de desarrollo de *T. urticae*. Las larvas no se alimentaron, mientras que las ninfas y los adultos consumieron todos los estados de la presa, a excepción de las protoninfas que no ingirieron adultos. La preferencia por el consumo de huevos de *T. urticae* fue observada en las ninfas y en los adultos de 24h de edad, mientras que a mayor edad se observó una tendencia a un incremento del consumo de larvas y ninfas. Las hembras mostraron capacidad de entrar en diapausa reproductiva (40% y 100% de las hembras entraron en este estado, inducido en el laboratorio durante el estado adulto, expuestas a condiciones de otoño e invierno, respectivamente). La diapausa sería favorable ya que les permitiría sobrevivir en las estaciones más frías del año y le facilitaría además, la sincronización con los períodos de alta actividad de su presa principal en los cultivos de frutilla, otros cultivos y la vegetación silvestre del CHP, ya que el estado de diapausa reproductiva es común también en las especies del género *Tetranychus*. *Neoseiulus californicus* estuvo presente en distintos cultivos durante todo el año en los predios del CHP. El cultivo de alcaucil representaría un hábitat propicio para la permanencia de este EN, y su cercanía al cultivo de frutilla podría favorecer la colonización temprana del mismo cuando la plaga aún se encuentra a bajas densidades. En los cultivos de pepino y frambuesa, en los

cuales fue muy frecuente, la frecuencia de aparición de *T. urticae* también fue muy alta, en particular en el primero, por lo cual la cercanía al cultivo de frutilla podría convertirlos en fuentes de dispersión de la plaga hacia el mismo. El polen de frutilla permitió completar el desarrollo de *N. californicus*. Dos especies silvestres, *Lamium amplexicaule* y *Urtica urens*, favorecerían también la permanencia de *N. californicus* en los predios hortícolas, ya que florecen en otoño-invierno, cuando la densidad de la plaga es baja, y su polen constituye un alimento alternativo. Otra de las especies silvestres a tener en cuenta es *Convolvulus arvensis* que presenta las mismas características que las anteriores, pero su floración se produce en los meses de verano. La presencia de estas plantas en las cercanías del cultivo de frutilla podría contribuir a la colonización temprana del cultivo. El polen de *Sonchus oleraceus* permitió el desarrollo de *N. californicus*, pero esta planta mostró asociación con moscas blancas y áfidos, por lo cual no sería recomendable su presencia por el riesgo del desarrollo de estos herbívoros en el cultivo. El polen de *Amaranthus viridis*, *Picris echioides*, *Taraxacum officinale*, *Anoda cristata*, *Echinocloa crusgalli*, *Eragrostis pilosa*, *Lolium multiflorum* y *Polygonum aviculare*, el “honeydew” de áfidos y distintos estados de *Tydeus* spp. no constituyeron alimentos alternativos para *N. californicus*. La pilosidad simple y glandular, no influyó en el desempeño de *T. urticae* ni en la tasa de consumo y la fecundidad de *N. californicus*, pero se encontraron diferencias en estas características entre las variedades estudiadas. Analizando el tiempo de desarrollo, la supervivencia de los estados preimaginales y la fecundidad de *T. urticae*, “Festival” resultó ser la variedad más resistente a la plaga, mientras que “Aromas” y “Kp” las más susceptibles. En la variedad “Albión” *N. californicus* exhibió la mayor tasa de consumo de distintos estados de *T. urticae*. Por lo tanto, “Festival” y “Albión” serían las variedades de frutilla recomendadas para su incorporación en el MIP. Por último, en los casos en que la relación depredador/presa no sea adecuada para el CB y se deba aplicar un acaricida, se recomienda el uso de bifenazate ya que varios autores han probado su selectividad. Más aún, sería deseable, contar con producción de individuos a gran escala, provenientes de poblaciones locales de *N. californicus*, para implementar liberaciones aumentativas en esas circunstancias.

Abstract

In the context of agricultural sustainability, IPM proposes to utilise all the available and compatible techniques to maintain pest populations under the economic damage levels. It is based in the cost/benefit relation, taking into account the impact of control techniques on the society and the environment. IPM is an ecological and interdisciplinary approach requiring knowledge at population and community levels. Lack of integration has been the main impediment for its implementation, and at present, is a great challenge of research programs in Argentina. In this study, two control techniques were focused: conservation biological control through habitat management, and the use of appropriate cultivars. The first technique requires knowing the wild vegetal richness in order to identify which species play a positive role in natural enemy (NE) conservation. The second one, imply to evaluate the pest and their NE performance. *Neoseiulus californicus* is the main established predator of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), the two-spotted spider mite, the major pest in commercial strawberry crops in La Plata, Buenos Aires, Argentina. The application of acaricides (abamectin) on a scheduled basis is the current control method for the pest in conventional strawberry production, despite this practice having a negative effect on *N. californicus* populations. In many countries this predator is used in augmentative releases. In this region, it has low tendency to cannibalism, tolerance to starvation, wide diet, high synchrony with the prey and capacity to detect prey at low densities. Differences among strains of *N. californicus* have been found under different climatic conditions. Orchards of the CHP offer a mosaic of resources to *N. californicus* in crops and in wild vegetation. Pollen of some plants, thrips and another mite species could be alternative food for this predator. Several authors have identified resistant and susceptible cultivars to the pest and traits of them that affect both species. A *T. urticae* management plan in strawberry has been developed based on natural control by *N. californicus* and the use of acaricides only when necessary. Its effectivity is very dependent on relative prey/predator densities and the activity of the predator at low pest density. The general objective of this thesis was to obtain knowledge about conservation biological control by *N. californicus* through habitat management and the use of appropriate cultivars, to be incorporated in an IPM of *T. urticae*. Samplings of *N. californicus*, *T. urticae*, other mites (*Tydeus* spp.) and insects (aphids, thrips and whiteflies), commonly present in strawberry, as well as in other vegetables and wild vegetation around crops, were carried out. Laboratory experiments were conducted to: characterize local populations of *N. californicus*; recognize alternative food allowing development of this NE; identify strawberry cultivars

more resistant to the pest and more favorable to the predator; evaluate the effect of simple and glandular leaf hairs on both species. The development time of the *N. californicus* strain inhabiting in the CHP was coincident with that of several populations of regions where it also is effective on pest control. This predator develops two generations in the same time as the pest develops a single one. The survival of the preimaginal stages was 100% feeding on all developmental stages of *T. urticae*. Larvae did not feed, while nymphs and adults consumed all stages of the prey except protonymphs, which did not eat adults. The nymphs and 24h old adults preferred eggs of *T. urticae*, while older adults had a trend to increase the consumption of larvae and nymphs. Females of *N. californicus* had reproductive diapause, which was induced in the laboratory during the adult stage (40% and 100% of the females entered in this stage, exposed to conditions of autumn and winter, respectively). This characteristic would be favorable because would allow it to survive in the colder seasons of the year. Moreover, diapause would facilitate the synchronization of activity periods of predator and prey in strawberry crops, other crops and wild vegetation of the CHP, since reproductive diapause is also common in species of genus *Tetranychus*. *Neoseiulus californicus* was present in different crops throughout the year in the orchards of the CHP. The artichoke hosted this NE around the year, then its proximity to the strawberry crop could favor early colonization of it, when the pest is still at low densities. In cucumber and raspberry crops the predator was very frequent, but occurrence of *T. urticae* was also very high. The proximity of these crops could favour pest dispersal towards the strawberry crop. *Neoseiulus californicus* was able to complete development fed strawberry pollen. Two wild plants, *Lamium amplexicaule* and *Urtica urens*, also could favor the persistence of *N. californicus* in orchards because they bloom in autumn and winter, when the pest density is low, and their pollen was an alternative food in the laboratory. Another wild plant to take into account is *Convolvulus arvensis*, having the same characteristics as the previous ones but it blooms in the summer. The presence of these plants in the neighborhood of strawberry may contribute to early colonization of the crop by the predator. Pollen from *Sonchus oleraceus* enabled *N. californicus* development, but this plant showed association with whiteflies and aphids, so its presence would not be recommended because of the risk of these herbivores in strawberry. *Amaranthus viridis*, *Picris echioides*, *Taraxacum officinale*, *Anoda cristata*, *Echinochloa crus-galli*, *Eragrostis pilosa*, *Lolium multiflorum* and *Polygonum aviculare* pollen, "honeydew" of aphids, and *Tydeus* spp. were not alternative foods for *N. californicus*. The simple and glandular hairs did not influence the performance of *T. urticae* or consumption rate and fecundity of *N. californicus*, but differences in these characteristics among cultivars

were found. Taking into consideration development time, preimaginal survival and fecundity of *T. urticae*, “Festival” proved to be the most resistant cultivar to the pest, while “Kp” and “Aromas” were the most susceptible. *Neoseiulus californicus* exhibited the highest rate of consumption of *T. urticae* on “Albion”. Therefore, “Festival” and “Albion” strawberry cultivars could be recommended for incorporating to the IPM. Finally, when the predator/prey relationship is not adequate for the biological control and miticides should be applied, bifenazate is recommended due to several authors have reported its selectivity. Furthermore, would be desirable to have large scale production of individuals from local populations of *N. californicus*, to implement augmentative releases in these circumstances.

SECCION I

Introducción general

Capítulo 1. Marco Teórico

Uno de los mayores desafíos de la agricultura actual es lograr una productividad elevada conservando los recursos naturales. La sustentabilidad agrícola requiere que la misma se suficientemente productiva, económicamente viable, conserve la base de recursos naturales y preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global (Sarandón & Sarandón, 1993). Además, debe contemplar la diversidad socio-cultural en la búsqueda de alternativas productivas (Sanchez de Prager *et al.*, 2009).

Dentro de este marco, el control de plagas debe seguir los lineamientos del Manejo Integrado de Plagas (MIP), que surge de la necesidad de disminuir el uso de plaguicidas químicos (Kogan, 1998; Maredia, 2003). Según Kogan (1998) el MIP se define como “un sistema de manejo que, en el contexto del ambiente asociado y la dinámica poblacional de la plaga, utiliza todas las técnicas y métodos disponibles y compatibles para mantener a la población en niveles por debajo de aquellos que causan daño económico”. Además, Kogan & Shenk (2002) sostienen que el MIP “es un sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección y el uso de tácticas, individuales o múltiples, para el control de plagas, las cuales se coordinan armoniosamente en una estrategia de manejo basada en un análisis de costos con relación a los beneficios, considerando los intereses e impactos sobre los productores, la sociedad y el ambiente”.

El MIP representa un sistema de manejo con un enfoque ecológico y multidisciplinario (Smith, 1978; Frisbie & Adkisson, 1985), que reconoce dos niveles de integración: una “integración vertical”, referida a varias técnicas compatibles para el control de una plaga en particular, y una “integración horizontal” que implica la utilización de prácticas compatibles para el manejo simultáneo de todas las plagas o agentes perjudiciales en el cultivo (Prokopy & Kogan, 2003; Ehler, 2006). La falta de integración ha sido uno de los principales impedimentos para la implementación del MIP en la agricultura y es el desafío actual de los planes de manejo (Ehler, 2006). En la Argentina, existen aún vacíos de información científica que permita la integración de distintas técnicas para un adecuado desarrollo del MIP en los agroecosistemas.

Algunas de las técnicas que pueden ser utilizadas en un manejo integrado son el manejo cultural, la aplicación de bioplaguicidas y plaguicidas selectivos, el control biológico (CB) y la utilización de variedades resistentes o menos susceptibles. En esta tesis se abordarán dos

técnicas de control, el CB y el uso de variedades del cultivo, con un enfoque ecológico basado en el manejo de la plaga mediante el conocimiento de su interacción con el nivel trófico superior (“top-down”) y con el nivel trófico inferior (“bottom-up”), respectivamente.

El CB es definido como el uso de enemigos naturales (EN) para reducir las poblaciones de plagas, ya sea temporal o permanentemente (Van Driesche *et al.*, 2007). Si bien la interacción plaga-enemigo natural es la base de esta técnica, requiere el conocimiento de otras interacciones que ocurren en el sistema, por ejemplo las tritróficas (en las que interviene la planta, la plaga y el EN) y las competitivas (entre EN). La comprensión de estas interacciones permite optimizar este tipo de control.

El CB es ampliamente utilizado en numerosos países del mundo, principalmente el CB clásico y aumentativo, y posee un desarrollo creciente en América Latina (van Lenteren & Bueno, 2003; van Lenteren, 2011). A nivel mundial, se utilizan 230 especies de enemigos naturales en el manejo de plagas (van Lenteren, 2011). En América Latina existen programas de CB en ejecución principalmente en México, Colombia, Brasil y Chile.

Se han desarrollado tres estrategias: 1) **Control biológico clásico**, que consiste en la importación de EN exóticos y su establecimiento en el nuevo hábitat. La plaga a controlar también es una especie exótica que, en general, llega con algún cultivo de importación y alcanza una alta densidad en el nuevo ambiente debido a las condiciones favorables y a la ausencia de enemigos naturales nativos. Una vez importados, los EN son mantenidos en cuarentena para prevenir tanto la aparición de insectos o plantas no deseables como la de enfermedades. Posteriormente, se crían para su liberación y establecimiento en el nuevo ambiente (Bellows & Fisher, 1999; van Driesche *et al.*, 2007; Nicholls, 2008). Esta estrategia posee una elevada relación beneficio/costo si el EN se establece y no es necesario liberarlo periódicamente, sin embargo, implica riesgos ecológicos tales como la competencia y el desplazamiento de especies nativas (Bigler *et al.*, 2006). 2) **Control biológico aumentativo**, que se realiza cuando los EN no están presentes o no pueden responder rápidamente al aumento de la plaga. Requiere la cría masiva y la liberación periódica de agentes de CB durante la estación de crecimiento del cultivo. No se realiza la supresión total o erradicación de la plaga y, en algunos casos, los EN no se convierten en un componente permanente en el agroecosistema (Batra, 1982). Pueden utilizarse dos estrategias: las liberaciones inundativas y las inoculativas. En las primeras, los individuos liberados son los que ejercen el control sobre la plaga y, en general, es un control inmediato. En cambio, en las liberaciones inoculativas se pretende que la descendencia de los individuos liberados también realice el control de subsecuentes poblaciones de la plaga (Fischbein, 2012). El CB aumentativo está limitado

principalmente por el costo, la disponibilidad y calidad de los agentes de control, y por la efectividad en campo de los organismos liberados (Bellows & Fisher, 1999; van Driesche *et al.*, 2007). 3) **Control biológico por conservación** de EN ya establecidos, que ha sido definido como la modificación del ambiente, o de prácticas existentes, para proteger y favorecer EN específicos u otros organismos para reducir el efecto de las plagas (Eilenberg *et al.*, 2006). Difiere del control clásico y aumentativo ya que no se realizan liberaciones de EN, sino que se basa en la manipulación del ambiente para favorecer la disponibilidad de fuentes alternativas de alimento para los mismos (tales como néctar y polen para depredadores y parasitoides), proveer un microclima favorable para su desarrollo, propiciar la presencia de presas u hospedadores alternativos y brindar refugios para condiciones ambientales extremas y/o plaguicidas, así como reducir la utilización de estos últimos (DeBach & Rosen, 1991; Wiedenmman & Smith, 1997; Barbosa, 1998; Eilenberg *et al.*, 2006, Gurr *et al.*, 2003; Salas-Araiza & Salazar Solís, 2003; Ripa *et al.*, 2008).

El manejo del hábitat requiere del conocimiento de los distintos componentes del sistema de estudio y sus interrelaciones para potenciar los beneficios de ese manejo. Entre las prácticas más comunes está el establecimiento de policultivos, de cultivos intercalados, la rotación de cultivos, la conservación y manejo de la vegetación silvestre y la creación de refugios, etc. (Mena-Covarrubias, 2009).

El efecto positivo de la diversidad vegetal sobre los EN en un cultivo, que cumple un rol importante en su conservación y en la creación de refugios, puede extenderse hacia otros ciclos del cultivos, e incluso hacia otros cultivos, permitiendo una mayor estabilidad en el predio productivo (Gurr *et al.*, 2003). El manejo de la diversidad vegetal promueve, además de la reducción de la población de la plaga, una serie de servicios ecosistémicos como son la disminución de la contaminación del aire por la menor aplicación de agroquímicos, el aumento del flujo de nutrientes, la disminución de la erosión del suelo, entre otros, que favorecen ambientes más saludables (Fiedler *et al.*, 2008).

La investigación en CB por conservación ha incrementado en las últimas décadas (Gurr & Wratten, 2000; Gurr *et al.*, 2004; Wilkinson & Landis, 2005; Zehnder *et al.*, 2007; Gardiner *et al.*, 2007; Wade *et al.*, 2008). La mayoría de los estudios de CB por conservación fueron realizados a pequeñas escalas como parcelas experimentales, viñedos o cultivos anuales (Fiedler *et al.*, 2008).

En la Argentina, existen numerosos casos de CB clásico (Crouzel, 1983; Zapater, 1996; Ovruski *et al.*, 2003) y el CB aumentativo está adquiriendo actualmente mayor interés (Bueno 2005). Se han realizado ensayos preliminares de liberaciones aumentativas de EN en

invernáculos, como por ejemplo, liberaciones de *Orius insidiosus* Say (Heteroptera: Anthocoridae) para el control de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphidae) en pimiento (Polack *et al.*, 2008), de *Encarsia formosa* y *Eretmocerus corni* (Hymenoptera: Aphelinidae) para el control de *B. tabaci* en pimiento, tomate y cucurbitáceas (Cáceres *et al.*, 2004; Botto *et al.*, 1997). El CB por conservación es la estrategia menos desarrollada a nivel mundial y no existen antecedentes de investigación en la Argentina sobre esta temática.

En los cultivos de frutilla a cielo abierto y bajo cubierta del Cinturón Hortícola Platense (CHP), el ácaro depredador *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) es el principal EN de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), “la arañuela de las dos manchas”, una plaga muy importante de estos cultivos. El control de la arañuela se realiza, en la actualidad, mediante la aplicación frecuente de acaricidas siguiendo un calendario base. Esta práctica, además de ser indeseable por los problemas que ocasiona el uso excesivo de plaguicidas químicos, muchas veces no resulta efectiva para el control de la plaga e interfiere en la acción de este EN (Greco *et al.*, 2011). En varios países los ácaros depredadores *Phytoseiulus persimilis* y *N. californicus* son ampliamente utilizados para el CB de arañuelas (Abad-Moyano *et al.*, 2010; Barber *et al.*, 2010). Esta última especie presenta características, tales como baja tendencia al canibalismo y amplio rango de alimentos en su dieta, que contribuyen a estabilizar, a bajas densidades de presa, los sistemas depredador-presa en los que interviene (McMurtry & Croft, 1997).

Los ácaros fitoséidos usados como agentes de CB poseen diferencias interespecíficas e intraespecíficas en las características biológicas y ecológicas. Diferencias a nivel de líneas genéticas o poblaciones locales de *N. californicus* han sido encontradas en relación con las condiciones climáticas e independientes de las mismas (Toyoshima & Hinomoto, 2004; Canlas, *et al.*, 2006; Walzer *et al.*, 2007). Los estudios realizados sobre las poblaciones de *N. californicus* del CHP demuestran que posee una elevada coincidencia espacio-temporal con su presa (Greco *et al.*, 1999) gran potencialidad para mantener a la plaga en densidades menores al nivel de daño económico (Greco *et al.*, 2005) y tolerancia a la inanición (Greco *et al.*, 2006). La capacidad de entrar en diapausa podría ser otra característica de las poblaciones locales de *N. californicus*, que les permite su persistencia en condiciones climáticas adversas. Si bien la diapausa ha sido documentada en otras líneas genéticas (citas), este aspecto no ha sido aún investigado en las poblaciones del CHP.

Estos aspectos son relevantes en la efectividad de un agente de control, especialmente para estrategias de CB por conservación. Greco *et al.* (2011) han desarrollado y validado en el CHP un plan de manejo para *T. urticae* en frutilla, basado en el control natural por *N. californicus* y la aplicación de acaricidas solo cuando es necesario, esto es cuando la densidad de la plaga es cercana al nivel de daño económico, o la densidad de depredadores está por debajo de ciertos límites. El mismo incluye el monitoreo frecuente mediante un método sencillo de presencia-ausencia que estima la densidad de ambas poblaciones (Greco *et al.*, 2004). Su efectividad está muy relacionada, además, con las densidades relativas de ambas especies y su actividad temprana a bajas densidades de la plaga (Oatman *et al.*, 1977; Pickett & Gilstrap, 1986; García-Marí & González-Zamora, 1999; Greco *et al.*, 2005).

Este depredador ha sido clasificado en una categoría intermedia entre especialista (tipo II) y generalista (tipo III) (Croft *et al.*, 1998). Se alimenta principalmente de arañuelas (*T. urticae*, *T. turkestani*, *T. ludeni*, *T. cinnabarinus*, *Panonychus ulmi*) (Croft *et al.*, 1998; Escudero & Ferragut, 2005; Kustutan & Çakmak, 2009) y secundariamente de otros ácaros (como *Polyphagotarsonemus latus*) (Castagnoli & Falchini, 1993) e insectos (como los trips) y de polen (Swirski *et al.*, 1970; Castagnoli & Ligouri, 1991, Flint & Driestadt, 1999; Sazo *et al.*, 2006; Ragusa *et al.*, 2009). Otros recursos, tales como sustancias azucaradas producida por la excreción de fitófagos que se alimentan de floema, y varios hongos que se desarrollan sobre las mismas, pueden ser también parte de la dieta de enemigos naturales (Duso *et al.*, 2003; Gerson *et al.*, 2003; Pozzebon & Dusso, 2008; Wäckers *et al.*, 2008; Zemek & Prenerova, 2003).

Se lo ha registrado, asociado a arañuelas, en otros cultivos tales como cítricos, árboles frutales, vid, maíz, mandioca, palta, soja, hortalizas y plantas ornamentales (Castagnoli & Simoni, 2003). También su presencia ha sido observada en algunas plantas silvestres aledañas a los cultivos (Cédola, comunicación personal; Greco *et al.*, 2006).

La utilización de *N. californicus* para el control biológico por conservación requiere, además de minimizar el uso de acaricidas como propone el plan de manejo mencionado, anteriormente, integrar esta técnica con otras estrategias de manejo del hábitat. El incremento de cierta diversidad vegetal circundante al cultivo de frutilla y la ubicación espacio-temporal de los otros cultivos dentro del predio son estrategias que pueden favorecer el desarrollo y persistencia de sus poblaciones en el predio, así como su presencia temprana en el cultivo de frutilla. Sin embargo, en los sistemas de producción hortícola de la región no se conoce la disponibilidad espacio-temporal de recursos alternativos para este depredador dentro y fuera del cultivo de frutilla, ni tampoco dónde se encuentra mientras el cultivo no está presente.

En relación al uso de variedades del cultivo apropiadas para el control de la plaga, se conoce que distintas variedades pueden presentar diferente grado de susceptibilidad al ataque de un herbívoro. Varios autores han identificado variedades resistentes a ácaros fitófagos analizando parámetros tales como el número de individuos presentes, la tasa de oviposición y el daño producido en las hojas (Giménez-Ferrer *et al.*, 1993; Shanks *et al.*, 1995; Wold & Hutchison, 2003; Kazak & Kibritçi, 2008). Características físicas y químicas de la planta pueden afectar el ataque de estos ácaros. (Luzcynski, 1988; Steinete & Ievinsh, 2002; Steinete & Ievinsh, 2003; Kielkiewicz & van de Vrie, 1983; Kielkiewicz, 1985).

Las “arañuelas de las dos manchas” son altamente polífagas (Rodríguez & Rodríguez, 1987; Yano *et al.*, 1998) pero presentan un desempeño diferencial en las especies vegetales de las que se alimentan (Gotoh, 2003; Greco *et al.*, 2005; El-Shafei & Gotoh, 2010), incluso entre variedades de un mismo cultivo (Krips *et al.*, 1998; Agrawal, 2000).

Por otra parte, en un contexto de interacciones tritróficas (cultivo-plaga-EN) las características físicas y químicas de las plantas pueden afectar directa o indirectamente el comportamiento, la supervivencia y la fecundidad de los EN (Barbosa, 1998; Jervis, 2005). El resultado de esta interacción puede influir positiva o negativamente la efectividad del EN como agentes de control. Por ejemplo, los tricomas glandulares pueden tener un efecto adverso sobre algunos depredadores y reducir su movilidad (Obrycki & Tauber, 1984; van Haren *et al.*, 1987; Kauffman & Kennedy, 1989), sin embargo, el desarrollo, reproducción y consumo de presas del ácaro depredador *Phytoseius plumifer* aumentó sobre hojas con tricomas glandulares (Rasmy & Elbanhawy, 1974). El desempeño de *N. californicus* fue negativamente afectado en plantas con mayor densidad de tricomas glandulares (Messina & Hanks, 1998; Krips *et al.*, 1999; Cédola *et al.*, 2001; Cédola *et al.*, 2001; Dalin *et al.*, 2008; Loughner *et al.*, 2008) mientras que el número de tricomas simples no afectó su respuesta funcional en dos variedades de frutilla (Ahn *et al.*, 2010).

Combinar el CB con el uso de variedades apropiadas para el control de la plaga es una estrategia deseable y promisorio en el MIP, para lo cual es indispensable conocer la compatibilidad entre ambas técnicas (**Bottrell & Barbosa, 1998**). Observaciones preliminares indican que algunas variedades de frutilla son menos susceptibles al ataque de *T. urticae* (Shanks & Barritt, 1975; Shanks & Barritt, 1984; Greco, *et al.*, 2002), pero existe escaso conocimiento sobre el desempeño de *N. californicus* sobre las variedades comerciales utilizadas actualmente en la Argentina.

1.1. Hipótesis, predicciones y objetivo general

Hipótesis 1: Los individuos de las poblaciones locales de *N. californicus* presentes en el CHP tienen características que les confieren efectividad para el control biológico de la plaga *T. urticae* en cultivos de frutilla.

Predicciones:

Los individuos de *N. californicus* en el CHP tendrán las siguientes características:

- Altas tasas de consumo de presas de los juveniles y adultos.
- Estados de desarrollo de corta duración.
- Diapausa ante condiciones adversas.

Hipótesis 2: Los predios del CHP, debido a su elevada diversidad vegetal, son ambientes propicios para el desarrollo y persistencia de las poblaciones del depredador generalista *N. californicus*.

Predicciones:

- Poblaciones de *N. californicus* estarán presentes durante todo el año en los distintos ambientes (cultivos y vegetación silvestre) de los predios del CHP.
- *N. californicus* estará asociado a la presa principal *T. urticae*, y cuando la misma sea escasa o esté ausente, se lo encontrará ligado a otros alimentos alternativos.
- En otoño e invierno, *N. californicus* será más frecuente en plantas que puedan proveer alimentos alternativos y/o constituir refugios frente a condiciones climáticas adversas.
- El polen de especies vegetales silvestres y de frutilla, las secreciones azucaradas de áfidos y los ácaros *Tydeus* spp., son alimentos alternativos para *N. californicus*.

Hipótesis 3: Distintas variedades comerciales de frutilla afectan diferencialmente el desempeño de *T. urticae* y de *N. californicus*. En particular, la pilosidad de la hoja constituye un mecanismo de defensa contra el herbívoro y resulta adversa al enemigo natural.

Predicciones:

- El desempeño de *T. urticae* y de *N. californicus* variará en distintas variedades de frutilla.
- La pilosidad, en particular, afectará negativamente el desempeño de *T. urticae* y de *N. californicus*.

Objetivo general:

Este trabajo de Tesis tiene como objetivo general es obtener conocimientos para la elaboración de un MIP para *T. urticae* en frutilla, basado en el CB por conservación del depredador *N. californicus* mediante el manejo del hábitat, y el uso de variedades de cultivo compatibles.

Capítulo 2. Sistema de estudio

2.1. El cultivo de frutilla

2.1.1. Generalidades

El cultivo de frutilla, perteneciente a la familia Rosaceae y al género *Fragaria*, aparece en estado silvestre en América, Asia y Europa. En este último continente existen referencias sobre su consumo desde los tiempos de la antigua Roma. El cultivo de las especies de fruto pequeño (*F. vesca*, *F. alpina* y *F. viridis*) se extendió en Europa hasta el final del siglo XIX, momento en el que comenzaron a surgir híbridos entre las especies europeas y las americanas de frutos grandes (*F. chiloensis* y *F. virginiana*), dando origen a los híbridos con frutos de mayor tamaño que se conocen como fresones (Joublan & Veraga, 2003).

La especie *Fragaria x ananassa* es un híbrido que resulta del cruce de dos variedades silvestres, *Fragaria virginiana*, nativa de Norte América, y *Fragaria chiloensis*, nativa de la costa del Pacífico de América del Norte y del Sur (Fink & Strik, 2008), y es la que actualmente se utiliza comercialmente (Figura 2.1).



Figura 2.1. *Fragaria x ananassa*, especie de frutilla utilizada comercialmente.

La planta (Figura 2.2) se caracteriza por ser herbácea, estolonífera, perenne y de vida productiva relativamente corta. El tallo es muy corto, semi-subterráneo y recibe el nombre de corona, del cual se desarrollan las raíces, estolones, hojas e inflorescencias. Las hojas son

trifoliadas y los folíolos son ovales, aserrados, pubescentes y grisáceos en el envés. Los estolones o tallos rastreros tienen la capacidad de emitir raíces a partir del segundo nudo. Un estolón puede formar de cuatro a seis plantas y de cada corona pueden salir 10 a 12 estolones (Sudzuki, 1992; Giaconi & Escaff, 1998; Pritts & Handley, 1999). Las flores generalmente son perfectas o hermafroditas, es decir que en la misma flor se encuentran los dos sexos, y están reunidas en inflorescencias que poseen, regularmente, cinco pétalos ovales de color blanco. El cáliz está formado por cinco sépalos persistentes. La polinización es predominantemente cruzada y realizada por insectos. La frutilla propiamente dicha es un fruto agregado, formado por un receptáculo muy desarrollado como consecuencia de la fecundación de los óvulos. El receptáculo, que es la parte comestible o fruto hortícola, sostiene a los verdaderos frutos que son los achenios. La forma del fruto es variable, pudiendo ser globoso, cónico, con o sin cuello, etc (www.inta.gob.ar).

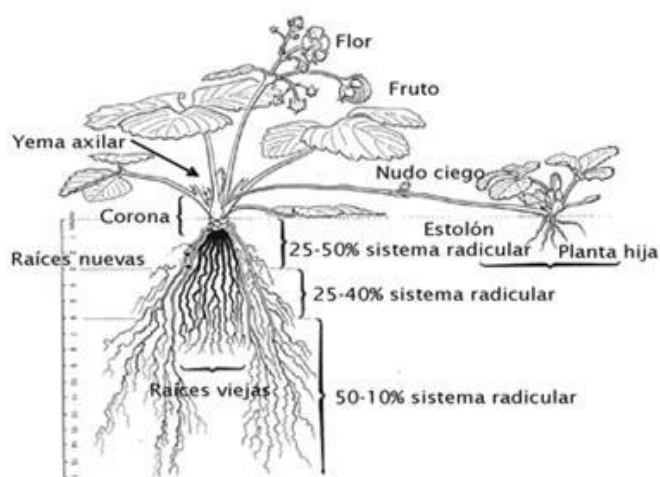


Figura 2.2. Morfología de la planta de frutilla. (Fuente: Miserendino, 2007).

El desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta responde a los cambios de temperatura y fotoperiodo. Según los requerimientos para la inducción floral los cultivares pueden clasificarse en: de día neutro o re-florescientes en los que la inducción de las yemas florales se produce a temperaturas entre 8 y 25°C, independientemente del fotoperíodo (Ej. Camarosa, Sweet Charlie, Rosalinda), y en los de día corto en los que la inducción se produce con temperaturas de 8 a 24°C y días con menos de 13-14h de luz (Ej. Selva, Aromas, Diamante). En las variedades de día corto las altas temperaturas y los días largos, con más de 12 horas de heliofanía, provocan crecimiento vegetativo excesivo (Mitidieri & Zembo, 2010).

El cultivo de frutilla es un cultivo anual o bianual ya que con el tiempo disminuye su productividad. Se utilizan dos tipos de plantines, los denominados “fresco” y “frigo”. Los

primeros se producen en el vivero en los meses de primavera, la planta madre emite estolones que originarán nuevos plantines, y a fines del verano cuando acumula las horas de frío necesarias y las sustancias de reservas en raíces y corona, éstos son cosechados y llevados al predio productivo. El inicio de la producción comienza entre los dos y tres meses después del trasplante, lográndose mayor precocidad que en los “plantines frigo”. Éstos últimos, provienen de viveros ubicados en regiones con inviernos muy fríos, que después de ser arrancados son colocados en cámara frigorífica a -2°C entre seis y ocho meses hasta la plantación en el lote de producción, siendo más productivos que el otro tipo “fresco” (Mitidieri & Zembo, 2010).

La producción de frutilla puede realizarse bajo invernáculo, túnel o a cielo abierto. En la actualidad, en la Argentina, la producción de este cultivo se realiza principalmente bajo micro túneles o invernáculos.

2.1.2. Situación del cultivo en el mercado

De la producción mundial de berries, el 62% corresponde al cultivo de frutilla. La producción mundial de frutillas (según FAO) supera en la actualidad los cuatro millones de toneladas. El mayor productor es Estados Unidos, con 1.259.449 toneladas, seguido por España, Francia, Federación Rusa, Corea, Polonia, México y Japón (Kirshbaum, D., comunicación personal; Latin Berries, Entre los principales importadores se encuentran Alemania y Francia, que concentran el 60% de la demanda internacional (SAGyP, 2007). La Argentina cuenta con 1.800 ha sembradas con rendimientos entre 15.000 y 40.000 Kg/ha, repartidas en distintas provincias (Figura 2.3).



Figura 2.3. Mapa de la República Argentina con las provincias productoras de frutilla.

La producción, de alrededor de 35.000 toneladas, se extiende a lo largo del año y se concentra en las provincias de Tucumán, Santa Fe y Buenos Aires (Figura 2.4) (Zembo, 2001; Sinavimo, 2009).

Produccion de frutilla en Argentina

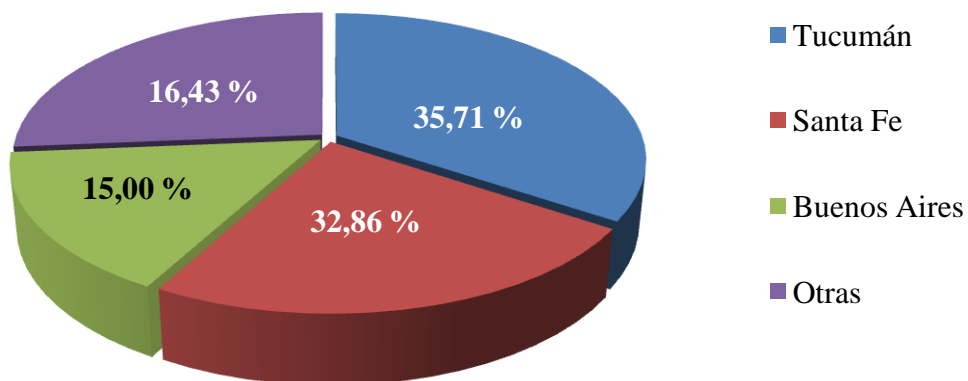


Figura 2.4. Provincias con mayor producción de frutilla en la Argentina

La Argentina puede abastecerse de frutilla durante todo el año (Tabla 2.1), gracias a la diversidad climática que tiene el país, siendo mayor la producción entre los meses de agosto y diciembre. Los mayores volúmenes de frutilla que ingresan al Mercado Central de Buenos Aires se dan en los meses de septiembre y octubre y provienen de las provincias de Santa Fe, Tucumán, Buenos Aires y Corrientes. En los meses de otoño, la frutilla que se comercializa en el Mercado Central de Buenos Aires proviene de las provincias de Tucumán y Salta (Kirschbaum & Hancock, 2000).

Tabla 2.1. Calendario de cosecha de frutilla en la Argentina (Fuente: Kirschbaum & Hancock, 2000).

Región	Provincia	En	Fe	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Se	Oc	No	Di
Norte	Tucuman(1)												
	Salta – Jujuy												
	Corrientes – Misiones												
Centro	Coronda (Santa Fe)												
	Norte/Buenos Aires												
Sur	Sud/Buenos Aires												
	Río Negro – Neuquén												

Un alto porcentaje de la producción del país se congela. En Tucumán este porcentaje alcanza el 70% del total y en Coronda (Santa Fe) y Mar del Plata (Buenos Aires) llega al 50% aproximadamente del total producido. La exportación argentina de frutilla congelada en 2011 fue un 6% inferior en volumen respecto al año 2010, alcanzando un total de 9.200 toneladas, de acuerdo a datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INDEC).

Los volúmenes de frutilla fresca exportados por la Argentina corresponden a los meses de primavera y verano, siendo noviembre el mes de máxima venta al exterior durante los últimos cinco años (<http://www.latinberries.net>). Entre los años 2010 y 2011 estos volúmenes aumentaron un 37%, exportándose 47 toneladas en el último año.

En el CHP, perteneciente a la región Centro (provincia de Buenos Aires), la superficie total del cultivo es de 6,3 ha, y la producción a campo y bajo cubierta es de 68,4 toneladas según datos oficiales del Censo Provincial Hortiflorícola del año 2005. Esta producción compite en el mercado con la de Tucumán y Coronda en primavera, y con la de Mar del Plata en verano, y se comercializa principalmente en el mercado interno.

En esta zona, el cultivo se realiza principalmente bajo túneles y algunos productores también lo hacen bajo invernáculo y a cielo abierto (Figura 2.5).



Figura 2.5. Cultivo de frutilla producido bajo túnel.

La irrigación y el manejo del suelo es estándar para la región. Un fertilizante granulado se aplica al suelo 20 días antes de la plantación, con la siguiente composición: nitrógeno total (N) 15%, fósforo asimilable (P_2O_5) 15% y potasio soluble en agua (K_2O) 15%. Para la

desinfección del suelo se sigue utilizando el bromuro de metilo (Zembo J.C., comunicación personal).

Los camellones son cubiertos con mulch de polietileno negro para controlar el crecimiento de las malezas y para que el fruto no esté en contacto directo con la humedad del suelo. El riego es por goteo.

Las aplicaciones de plaguicidas se realizan siguiendo un calendario base. Para el control de ácaros se realizan aplicaciones semanales de New Mectin ® o Vertimex® (abamectina 1,8%) o Tetranyl® (dicofol 21% + tetradiphon 7,5%). Para el control de los insectos se utiliza Lannate® (methomyl 90%), Metamidofos 60 Alecy (metamidophos 60%) y para el control de hongos se realizan semanalmente aplicaciones del fungicida Benosem 50 PM® (benomyl 50%) (Zembo, J.C., comunicación personal).

Algunas de las variedades de frutilla utilizadas en la Argentina se han cambiado, a lo largo del tiempo, por otras de mayor productividad. Camarosa es la más utilizada, principalmente en el norte del país. En el CHP la variedad más usada actualmente es Aromas, reemplazando a Festival y Selva (Zembo, J.C, comunicación personal). Otras de reciente implantación y de prueba en el mercado son Albión, Camino Real, Whitney, Kp, Palomar, San Andreas y Monterrey (Kirschbaum, D., comunicación personal).

Las enfermedades más frecuentes que aparecen en las hojas son la viruela (*Micosphaerella fragariae*) y el tizón de la frutilla (*Phomopsis obscurans*), mientras que el fruto puede ser atacado por el moho gris (*Botrytis cinérea*) o por antracnosis (*Colletotrichum* spp), provocando la pudrición de los mismos.

Además de la plaga *T. urticae*, los cultivos de frutilla en el CHP presentan otros herbívoros tales como los áfidos (Hemiptera: Aphididae), considerados plagas secundarias aunque bajo ciertas circunstancias pueden producir serios daños al cultivo. Las especies que han sido registradas son: *Aphis gossypii*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Mysus persicae* y el pulgón de la frutilla *Chaetosiphon fragaefolii* (Cédola & Greco, 2010). Este último es transmisor de tres virus, el del borde amarillo de la hoja “*Strawberry mild yellow edge virus*” (SYEV), el del moteado de la hojas “*Strawberry mottle virus*” (SMV) y el de la arruga de la hoja “*Strawberry crinkle virus*” (SCV), que pueden causar importantes reducciones del rendimiento (Nome & Yossen, 1980; Krczal, 1982). En la Argentina, este áfido ha sido citado para el cultivo de frutilla en las provincias de Buenos Aires y Córdoba y se conoce que transmite el virus SMV (Cordo *et al.*, 2004; Cédola & Greco, 2010). Una plaga emergente en esta zona es el coleóptero *Lobiopa insularis* (Coleoptera: Nitidulidae), un herbívoro generalista cuyas larvas y adultos se alimentan de los frutos maduros (Cluigt *et al.*, 2008).

Además, es frecuente la presencia de los trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande), *F. schultzei* (Trybom) y *Thrips tabacci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), y de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Figura 2.6 a-d) (Tito, 2008).

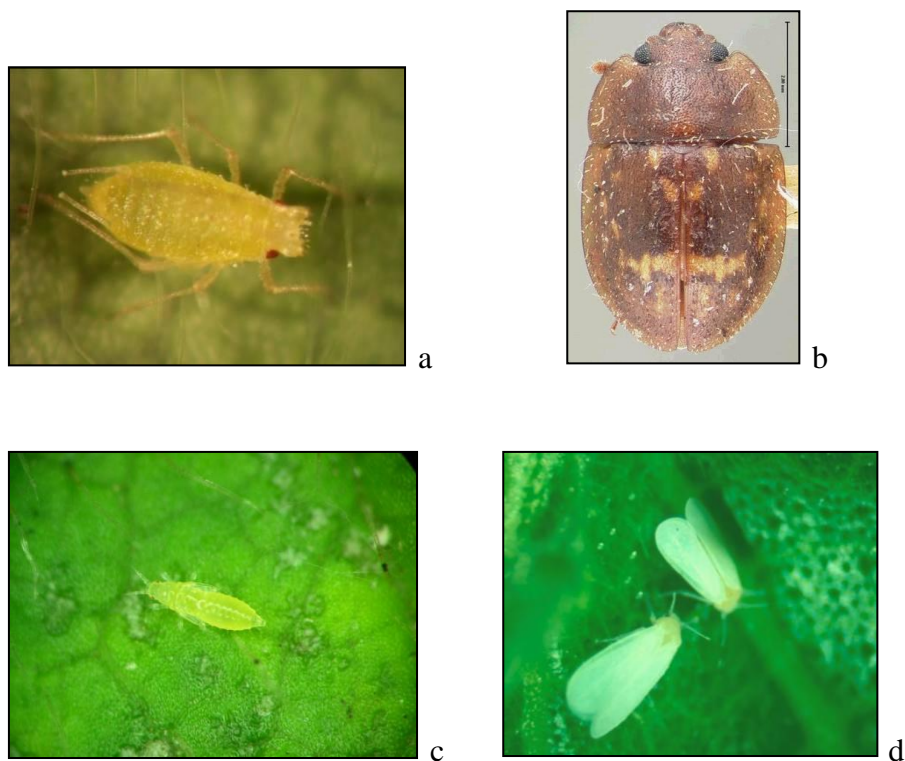


Figura 2.6. Insectos herbívoros frecuentes en cultivo de frutilla del CHP. a) *eChaetosiphon fragaefolli*, b) *Lobiopa insularis*, c) trips y d) moscas blancas

2.2. La plaga *Tetranychus urticae*

2.2.1. Biología y ecología

La familia *Tetranychidae* comprende un grupo de ácaros fitófagos constituido por 1.200 especies pertenecientes a 70 géneros (Zhang, 2003), siendo las del género *Tetranychus* las que producen las mayores pérdidas económicas. Se caracterizan por presentar una distribución cosmopolita, por su tendencia a agruparse en colonias (Takafuji & Kamibayashi, 1984; Gotoh, 1997; Gotoh *et al.*, 2007) produciendo densas telas (Saito 1983), y por la polifagia de algunas de sus especies (Ferragut & Santoja, 1989; Zhang, 2003).

Tetranychus urticae (Acari: Tetranychidae), llamada comúnmente “arañuela roja” o “arañuela de las dos manchas”, fue descrita por primera vez por Koch en 1836 (Pritchard & Baker, 1955). Los individuos tienen tamaño pequeño, entre 0,2 y 0,6 mm, y el color del cuerpo puede ser verde o rojo. De acuerdo a Dupont (1979) la forma verde es generalmente encontrada en climas fríos y templados mientras que la forma roja en zonas cálidas y subtropicales. Existe un marcado dimorfismo sexual entre la hembra y el macho, siendo éste más pequeño y alargado (Ashley, 2003; Zhang, 2003). Las “arañuelas rojas” se reproducen sexualmente dando lugar a machos y hembras, y también por partenogénesis arrenotómica cuando ponen huevos sin haberse producido la cópula, en cuyo caso los descendientes son solamente machos haploides (Brandenburg & Kennedy, 1987).

La “arañuela de las dos manchas” pasa por cinco estados de desarrollo durante su ciclo de vida: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto, con un estado de quiescencia luego de cada estado inmaduro, llamados ninfocrisálida, deutocrisálida y teliocrisálida, respectivamente (van de Vrie *et al.*, 1972). Durante este período de inactividad los ácaros forman una nueva cutícula antes de desprender su exuvia (Helle & Sabelis, 1985) (Figura 2.7).

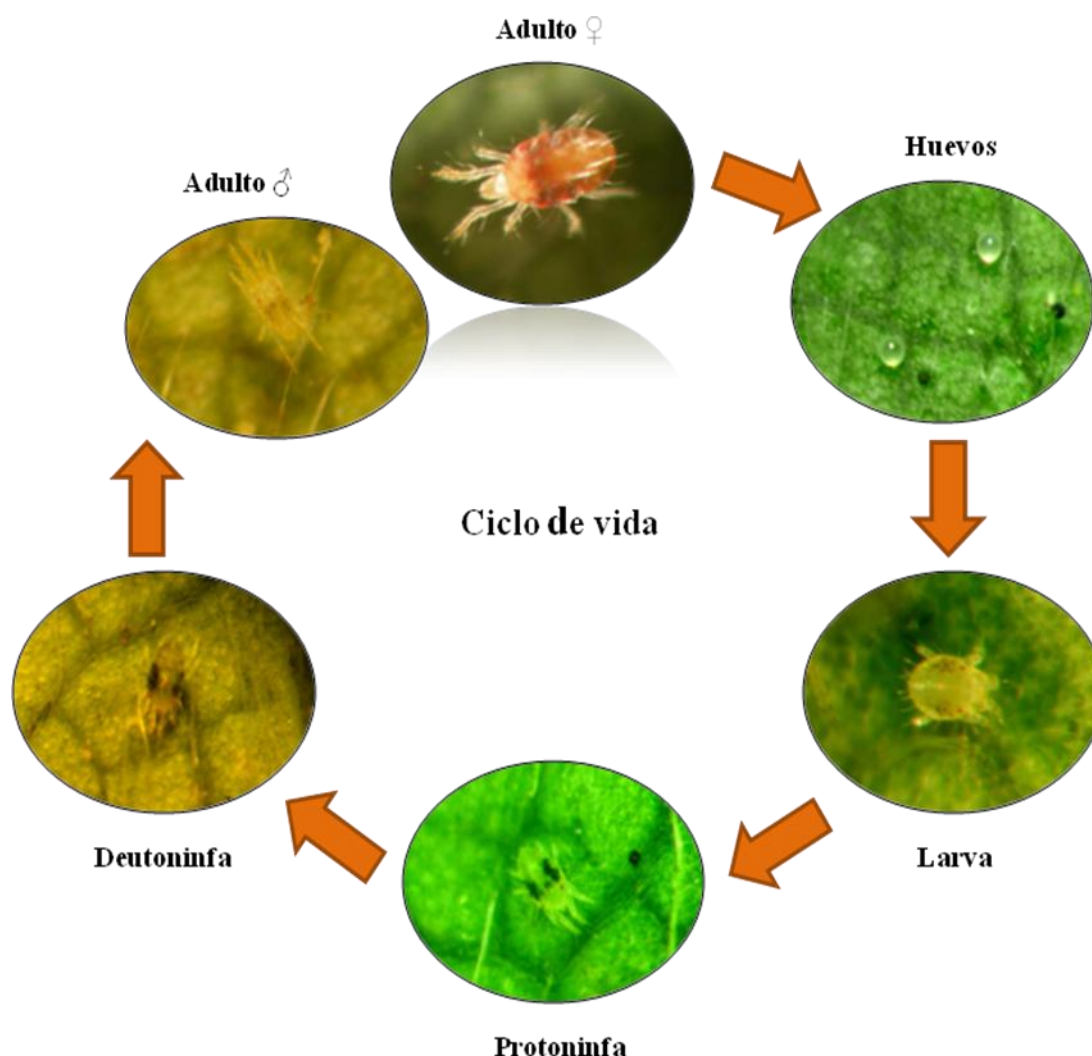


Figura 2.7. Ciclo de vida de *Tetranychus urticae*.

La supervivencia, longevidad y reproducción de *T. urticae* varían en respuesta a diferentes factores tales como la temperatura, la humedad, la planta hospedadora, los plaguicidas utilizados en el cultivo, y factores intrínsecos de cada especie (van de Vrie, 1972; Herbert, 1981; Sabelis, 1981; Brandenburg & Kennedy, 1987; Wermelinger *et al.*, 1991; Wilson, 1994; Dicke 2000; James & Price, 2002; van den Boom *et al.*, 2003; Skorupska, 2004; Marcic, 2007; Fahnbulle, 2007).

Herbert (1981) determinó que el tiempo de desarrollo promedio para las hembras criadas en hojas de manzana fue de 19,0 y 12,7 días a 18 y 21°C, respectivamente. Sin embargo, las hembras de esta especie se desarrollaron en 16,5 y 15 días cuando fueron criadas en hojas de algodón a las mismas temperaturas (Carey & Bradley, 1982). Por otro lado, en hojas de pimiento el tiempo de desarrollo fue de 8,2 días a 27°C y en hojas de *Phaseolus vulgaris* completó su desarrollo en 8,2 ($\pm 0,09$) pero a 25°C (Gallardo *et al.*, 2005; Kavousi *et*

al., 2009). La longevidad de *T. urticae* decreció cuando la temperatura se incrementó desde 18 hasta 29,4 °C (Carey & Bradley, 1982). Además de la temperatura, la humedad es un factor importante ya que este ácaro se desarrolla más rápidamente en lugares con baja humedad en el ambiente (Helle & Sabelis, 1985).

Esta especie es un estratega “r”, la población puede crecer más del 40% por día (Shih *et al.*, 1976) y las hembras oviponen en promedio 100 huevos durante toda su vida (Mitchell, 1973). Este crecimiento exponencial finaliza abruptamente debido a la sobreexplotación de la planta hospedadora o por extinciones locales por enemigos naturales, y las arañuelas que colonizan otra planta aumentan su población rápidamente (Krips *et al.*, 1998).

El potencial de incremento de una población puede ser estimado en términos de la Tasa intrínseca de crecimiento natural (r_m), observándose valores altos de este parámetro cuando el tiempo de desarrollo de la plaga es corto y la tasa de oviposición es alta. Sin embargo, estos dos parámetros no contribuyen de igual manera al crecimiento poblacional, los cambios en el tiempo de desarrollo en *T. urticae* son más importantes que los cambios en las tasas de oviposición (Sabelis, 1985, Krips *et al.*, 1998). Sabelis (1981;1985,) ha reportado valores r_m para *T. urticae* en plantas hospedadoras adecuadas para su desarrollo que varían entre 0,22 y 0,34 individuos/individuo/día. Los valores de r_m dependen de la planta hospedadora, la temperatura y la humedad, así como del origen geográfico.

A continuación se exponen algunos valores de r_m de *T. urticae* obtenidos en estudios con diferentes plantas hospedadoras o con distintas variedades de una misma planta.

Tabla 2.2. Tasa intrínseca de crecimiento de *Tetranychus urticae* en diferentes cultivos y condiciones de temperatura y humedad.

Especie hospedadora	Temperatura y humedad	Tasa intrínseca de crecimiento (r_m) (1/día)	Referencia
<i>Malus domestica</i> Borkh	24° C, 70% HR	entre 0,064 y 0,276*	Wermelinger <i>et al.</i> (1991)
<i>Gerbera jamesonii</i> Bolus	20-30° C, 50-70% HR	entre 0,082 y 0,242*	Krips <i>et al.</i> (1998)
<i>Capsicum annuum</i> L.	27° ± 2 C, 70° ± 10% HR	0,298	Gallardo <i>et al.</i> (2005)
<i>Lablad purpurens</i> L.	26,03 ± 1,37 ° C	entre 0,05 y	Fazlul Hoque <i>et al.</i> (2008)

		0,187*	
<i>Glicine max</i> (L.)	25 ± 1° C, 70 ± 10% HR	entre 0,217 y 0,263*	Saei-Deghan <i>et al.</i> (2009)
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	25 ± 1° C, 60 ± 10% HR	entre 0,214 y 0,299*	Razmjou <i>et al.</i> (2009)
<i>Glicine max</i> (L.)	25 ± 1° C, 60 ± 10% HR	0,296	Razmjou <i>et al.</i> (2009)
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.		0,230	
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.		0,242	
<i>Pyrus comunis</i> L.	27 ± 1° C, 50 ± 10% HR	entre 0,07 y 0,21	Rhiahhi <i>et al.</i> (2011)

* Valores mínimos y máximos de r_m obtenidos en estudios con variedades de una misma especie vegetal.

Cuando la población crece, las arañuelas forman una densa tela sobre la superficie de la planta hospedadora (Figura 2.8). Ésta cumple diversas funciones, entre ellas sirve como lugar de excreción (Saito, 1983; Oku, 2008) y de protección frente a condiciones climáticas adversas y depredadores (Lemos *et al.*, 2010), así como para dispersarse a otras plantas (Bell *et al.*, 2005).



Figura 2.8. Tela que produce *Tetranychus urticae* sobre la planta de frutilla.

Las hembras pueden pasar el invierno en diapausa reproductiva. Esta característica es muy variable en las distintas poblaciones de *T. urticae* dependiendo del fotoperíodo, la temperatura y la planta hospedadora (Takafuji *et al.*, 1991).

2.2.2. Injuria a la planta y métodos de control

Tetranychus urticae es una plaga polífaga de amplia distribución mundial (Ferragut *et al.*, 1989; García-Marí & González-Zamora, 1999; Rasjmou *et al.*, 2009) registrándose más de 900 especies de plantas hospedadoras, algunas silvestres y otras de cultivo, como hortalizas, ornamentales y frutales, en las cuales causa daños de importancia económica (van de Vrie *et al.*, 1972; Regev & Cone, 1980; Ferro & Southwick, 1984; Bolland *et al.*, 1998; Calvitti, 2000; Skorupska, 2004; Khanjani, 2005). Al alimentarse rompe con sus estiletes la superficie de las hojas y destruye células del mesófilo (Tanigoshi & Davis, 1978) afectando la transpiración, la fotosíntesis (Sances *et al.*, 1979; De Angelis *et al.*, 1983; Sadras *et al.*, 1998) y el crecimiento de la planta y sus frutos (Avery & Briggs, 1968; Felipe, 2003).

Los síntomas característicos de su presencia son hojas moteadas o con grupos de manchas amarillas en el haz y en el envés. Las hojas afectadas pierden color, pueden tener tonos rojizos y secarse completamente. Los frutos también pueden ser atacados cuando están verdes (Sandhu & Gupta, 1977; Zhang, 2003).

Algunas especies vegetales son menos susceptibles al ataque de la arañuela de las dos manchas (Van de Vrie *et al.*, 1972; Rodríguez & Rodríguez, 1987), ya sea porque presentan defensas constitutivas (que se expresan independientemente del ataque del herbívoro), o defensas inducidas (que la planta produce después del ataque del herbívoro) (Thaler *et al.*, 1999).

Tetranychus urticae es la principal plaga del cultivo de frutilla en todo el mundo (Huffakker *et al.*, 1969; Sances *et al.*, 1979; Wyman *et al.*, 1979; Oatman *et al.*, 1985; Stonneveld *et al.*, 1996; Walsh *et al.*, 2002; Sato *et al.*, 2004; Cloyd *et al.*, 2006).

El control de esta plaga en la mayoría de los cultivos y plantas ornamentales, se realiza casi exclusivamente con la aplicación frecuente de plaguicidas (Takematsu *et al.*, 1994; Oliveira *et al.*, 2007; Cerna Chavéz, 2009; Rasjmou *et al.*, 2009; Marcic *et al.*, 2011). Sin embargo, las poblaciones presentan una rápida capacidad para desarrollar resistencia frente a estos productos (Price *et al.*, 2000; Devine *et al.*, 2001; Stumpf *et al.*, 2001; Stumpf & Nauen, 2002; Herron *et al.*, 2004; Villegas Elizalde *et al.*, 2010), incluyendo a los acaricidas autorizados para su control como las abamectinas (Rizzieri *et al.*, 1988; Georghiou & Lagunes, 1991; Konanz & Nauen, 2004). En el CHP se utiliza New Mectin (abamectina 1,8%) semanalmente durante todo el ciclo del cultivo. También existen programas de manejo más racionales de esta plaga basados en monitoreos de la población para aplicar plaguicidas

sólo cuando la plaga alcanza los niveles de daño económico (NDE) (Zhang, 2003, Greco *et al.*, 2004; Greco *et al.*, 2011) (ver Capítulo 7).

Otra técnica de control utilizada actualmente en países de Europa, Asia y algunas partes de Australia y Norte América, es a través del uso de depredadores como *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, *P. macropilis* (Banks) y *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) mediante liberaciones inoculativas o inundativas sobre el cultivo (Oatman *et al.*, 1977; Strong & Croft, 1995; McMurtry & Croft, 1997; Barber *et al.*, 2003; Zhang, 2003; Fraulo & Liburd, 2007; Abad-Moyano, 2009).

2.3. El depredador *Neoseiulus californicus*

2.3.1. Biología y ecología

Neoseiulus californicus, tiene una historia taxonómica compleja. Fue primeramente descrito por McGregor en 1954 como *Typhlodromus californicus* y luego fue asignado al género *Amblyseius* y más adelante al género *Neoseiulus* o *Cydnodromus*. Actualmente, *Neoseiulus chilensis* (Dosse) es considerado sinónimo de *N. californicus*, (Rohodes & Liburd, 2009).

Es originario de California y Florida, y presenta una amplia distribución mundial (Zhang, 2003; Gerson & Weintraub, 2007). Puede proporcionar un efectivo control *T. urticae* Koch en cultivos de frutilla, otros cultivos fruti-hortícolas, flores y árboles frutales, en Norte y Sud América, Europa y Asia (Swirski *et al.*, 1970; Oatman *et al.*, 1977; Picket & Gilstrap, 1986; Escudero & Santoja, 1989; Castagnoli & Simoni, 1991; Raworth *et al.*, 1994; Monetti, 1995; McMurtry & Croft, 1997; Greco *et al.*, 1999; Jolly, 2000; Schausberger & Croft, 2000; Zalom, 2002; De Moraes *et al.*, 2004; Tixier *et al.*, 2008).

El ciclo de vida presenta cuatro estados de desarrollo: huevo, larva (que posee tres pares de patas y generalmente no se alimenta), protoninfa y deutoninfa (que poseen cuatro pares de patas) y adulto. Las hembras adultas miden aproximadamente 0,1 mm de largo y son de forma globosa, mientras que el macho es ligeramente más pequeño. Ambos son translúcidos y pueden presentar una coloración amarilla pálida a un color ámbar brillante (Helle & Sabelis, 1985) (Figura 2.9).

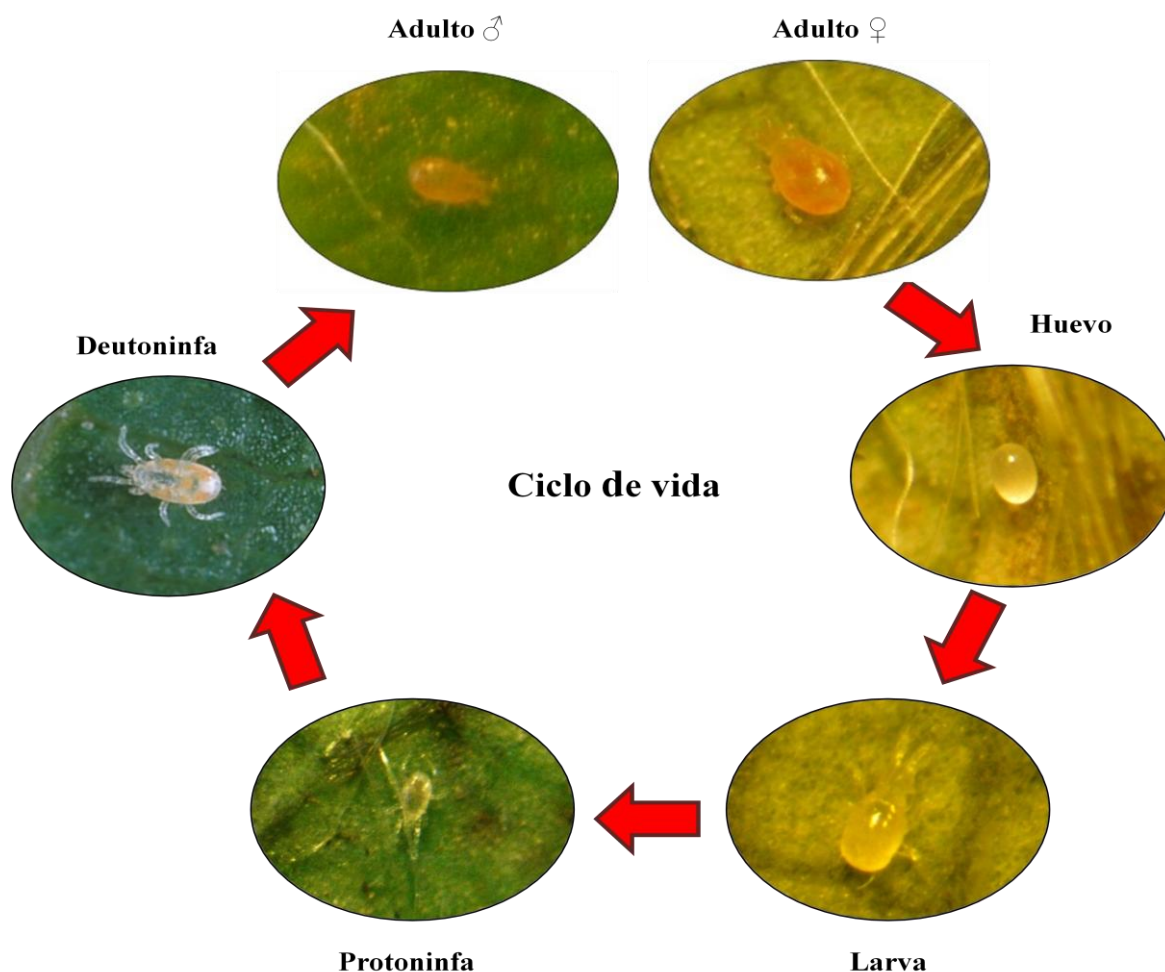


Figura 2.9. Ciclo de vida de *Neoseiulus californicus*.

Los machos alcanzan el estado adulto antes que las hembras, y cuando un macho encuentra una hembra en estado de deutoninfa suele permanecer en contacto con ella (“tending”) hasta que muda, a fin de asegurar la cópula. Esta especie exhibe un patrón de apareamiento tipo “Amblyseius – Typhlodromus”: el macho sube sobre la hembra y luego de un tiempo variable se ubica debajo de ella adoptando la posición “vientre a vientre”, transfiriendo el esperma por inserción de los quelíceros en las espermatecas (Amano & Chant, 1978). La duración del apareamiento puede durar 4h o más dependiendo de las condiciones ambientales en las que se encuentren (Aponte & McMurtry, 1992; Castagnoli & Simoni, 2003). Las hembras pueden copular una ó más veces, produciendo más huevos aquellas que hayan copulado dos ó múltiples veces, además de presentar un período de oviposición más largo y una descendencia más sesgada hacia las hembras (Amano & Chant, 1978; Castagnoli & Simoni, 2003; Gotoh & Tsuchiya, 2008). Gotoh & Tsuchiya (2008) observaron una fecundidad diaria de las hembras de *N. californicus* copuladas una sola vez de 3.42 ± 0.10 huevos mientras que en las que fueron copuladas más de 4 veces la fecundidad diaria fue de

2.59 \pm 0.13 huevos. La fecundidad también está influenciada por la alimentación y las condiciones ambientales como la temperatura, y varía entre hembras de diferentes líneas genéticas. Canlas *et al.* (2006) registraron una mayor oviposición a medida que aumentaba el número de presas ofrecidas siendo de 1,91(\pm 0,18), 1,69 (\pm 0,15) y 1,71(\pm 0,19) huevos/día con 50 huevos, larvas o ninfas de *T. urticae* como alimento, aunque un mayor número de adultos de *T. urticae* no produjo una mayor fecundidad diaria. También se observaron diferencias entre hembras alimentadas con *T. urticae*, con una fecundidad diaria de 2,65huevos/hembra, y con otros alimentos alternativos (polen y otras presas) (Ragusa *et al.*, 2009). Kustutan & Çakmak (2009) observaron una fecundidad de 3,74 (\pm 0,06) cuando le ofrecieron a hembras de *N. californicus* distintos estados de presa de *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval a 25°C, mientras que a 20°C y 30°C la fecundidad fue menor mientras que Gotoh *et al.* (2004) obtuvo una mayor fecundidad a 30°C que a 20 y 25°C ofreciéndole solo huevos de *T. urticae*. Diferencias en la fecundidad fueron observadas en distintas líneas genéticas de *N. californicus* y una línea genética comercial, alimentadas con distintos estados de *T. urticae*, siendo mayor en esta última (1,97 \pm 0,35). La longevidad de los adultos también es muy variable, con una duración de entre 20 y 54 días (Krantz, 1978; McMurtry & Croft, 1997; Toyoshima & Hinomoto, 2004). El Taj & Jung (2011) observaron que las hembras de *N. californicus* vivían en promedio 70,4 días mientras que los machos 43,8 días, alimentados con *Panonychus ulmi* y a 15°C, mientras que la longevidad disminuía marcadamente a 34°C.

McMurtry y Croft (1997) clasificaron a los fitoseidos en cuatro categorías de acuerdo a sus hábitos alimentarios: Tipo I. Depredadores especialistas en especies del género *Tetranychus*; Tipo II. Depredadores selectivos de Tetraníquidos (frecuentemente asociados a especies que producen densas telas); Tipo III. Depredadores generalistas y Tipo IV. Depredadores generalistas que se alimentan de polen preferentemente. A *N. californicus* se lo clasifica como un depredador selectivo de tipo II ya que se alimenta preferentemente de *T. urticae*, pero puede alimentarse de polen de ciertas plantas y ninfas de trips (Castagnoli & Simoni, 2003; Sazo *et al.*, 2006; Makoto *et al.*, 2005; Ragusa *et al.*, 2009). Esta clasificación es de interés para la selección de fitoseidos que podrían utilizarse como agentes de control biológico por conservación (Gerson & Weintraub, 2007).

Presenta una respuesta funcional de Tipo II, el número de presas consumidas incrementa con el aumento de la densidad de la presa hasta hacerse constante, pero la tasa de consumo se desacelera gradualmente (Castagnoli & Simoni, 1999; Castagnoli *et al.*, 2001; Cédola *et al.*, 2001; Canlas *et al.*, 2006; Ahn *et al.*, 2009; Marafeli *et al.*, 2011). Existen varios estudios que demuestran que el número de presas consumidas por día por un individuo de este

depredador, varía en función de la densidad de presas, del estado de desarrollo de la presa ofrecida y del estado de desarrollo del depredador, de la planta hospedadora y de la temperatura (Ma & Laing, 1973; Cédola *et al.*, 2001; Castagnoli & Simoni, 1999; Gotoh *et al.*, 2004; Canlas *et al.* 2006; Ahn *et al.*, 2011; Marafeli *et al.* 2011). Castagnoli y Simoni (1999) en frutilla reportaron un consumo diario de las hembras adultas de *N. californicus* de 17 huevos a una densidad ofrecida de 80 huevos, y un consumo diario de 9,9 ninfas a una densidad de 30 ninfas. El consumo huevos de *T. urticae* por protoninfas de *N. californicus* en tomate fue de 0,87 (\pm 0,44) y de 4,11 (\pm 0,60) cuando la densidad ofrecida fue de 4 y 64 huevo, respectivamente, siendo similar el consumo de las deutoninfas a las mismas densidades de presa (Cédola *et al.*, 2001).

Existe una gran variación en la fecundidad y en la tasa intrínseca de crecimiento (r_m) entre las diferentes líneas genéticas o “strains” de este depredador (Ma & Laing, 1973; Mesa *et al.*, 1990; Castagnoli & Simoni, 1991; Castagnoli & Simoni, 2003; Gotoh *et al.*, 2004) aún cuando se alimentan de la misma presa (Gotoh *et al.*, 2006). Gotoh *et al.* (2004) estimaron valores de la tasa de incremento de 0,273, 0,274 y 0,340 a 20, 25 y 30 °C, respectivamente, con un fotoperiodo de 16:8 L:O.

Cuando la densidad de la presa es baja puede existir canibalismo o depredación intragremio (Schausberger & Croft, 1999; Barber *et al.*, 2003). Walzer & Schausberger (1999) observó que *N. californicus* prefirió alimentarse sobre huevos y larvas de *P. persimilis* cuando se le ofreció también huevos y larvas de su misma especie, permitiéndole ese alimento dejar descendencia. Este depredador posee además la capacidad de sobrevivir a condiciones de inanición, lo que suele denominarse también como diapausa reproductiva (Veerman, 1992). Se ha encontrado que luego de un período de cuatro días de inanición puede reestablecerse la fecundidad frente a condiciones óptimas de alimentación, es decir con *T. urticae* como presa (Greco, *et al.*, 2006).

2.3.2. Uso como agente de CB

La utilización de *N. californicus* en el control biológico ha crecido a lo largo del tiempo por la necesidad de los agricultores de encontrar alternativas al uso excesivo de agroquímicos. Las características biológicas y ecológicas de este depredador permiten que sea utilizado como un efectivo agente de control biológico de las “arañuelas rojas” en árboles frutales y cultivos hortícolas, mediante liberaciones aumentativas, en combinación con otros

depredadores o junto a la utilización de plaguicidas selectivos (McMurtry & Croft, 1997; Gerson & Weintraub, 2007; Sato, *et al.*, 2007, Abad-Moyano *et al.*, 2010).

Desde hace más de 10 años, *N. californicus* es usado en el control biológico de las “arañuelas de las dos manchas” en Europa como alternativa al uso de plaguicidas (van Lenteren, 2000; Cooping, 2001; Klapwijk *et al.*, 2006). Varias empresas europeas (Koppert, Holanda, Biobest, Syngenta) y norteamericanas (Biconet, Nature’s Control, Natural insect control) lo producen y comercializan habiéndose generalizado su uso en frutilla, palta y otros cultivos hortícolas de algunos países (Van de Vrie & Price, 1994; Giles *et al.*, 1995; Beard, 1999; Hoddle *et al.*, 1999; Cooping, 2001;). En Japón, a pesar de la presencia de forma espontánea de *N. californicus* junto a poblaciones de *T. urticae* y *P. ulmi*, en las plantaciones de pera, desde el año 2003 una línea genética comercial llamada SPICAL es utilizada ya que ejerce un control más eficaz de la plaga en varios cultivos, principalmente en los de frutilla producida en invernáculos (Toyoshima & Hinomoto, 2004).

En el CHP *Neoseiulus californicus* es el principal depredador de presencia espontánea de *T. urticae*. La alta coincidencia espacial con la presa lo cual sugiere la capacidad de dispersión del depredador, el significativo grado de sincronía con su presa en la colonización del cultivo, y la capacidad de detectar folíolos con presas aún a bajas densidades de éstas (Greco *et al.*, 1999), son atributos altamente valiosos para un depredador. En efecto, se ha observado que *N. californicus* ejerce un control natural efectivo a densidades relativas de 10 presas por depredador y cuando el porcentaje de folíolos con arañuelas no supera el 30% (Greco *et al.* 2005; Greco *et al.*, 2011).

Si bien este depredador es utilizado en CB mediante liberaciones aumentativas, como fue mencionado anteriormente, sus características lo convierten en un EN con un gran potencial para ser también usado en CB por conservación.

2.4. Área de estudio

El presente estudio se realizó en cultivos de frutilla del Cinturón Hortícola Platense (CHP), Buenos Aires, Argentina (38° 52′ S, 57° 59′ W). El mismo forma parte del Cinturón Verde Bonaerense (Figura 2.10) que comprende un radio de 50 kilómetros alrededor de la Ciudad de Buenos Aires, y abarca 13 partidos y 7.000 km² con una superficie aproximada de 18.000 ha dedicadas a la actividad hortícola, siendo La Plata el partido de mayor importancia en cuanto a la producción hortícola.

El CHP se concentra en el área peri-urbana de La Plata, en las localidades de Colonia Urquiza, Los Hornos, Abasto, Lisandro Olmos, Etcheverry, La Plata y El Peligro, con predominio en todas ellas de la actividad bajo cubierta (Hang *et al.*, 2010). Según datos del último censo Provincial Hortiflorícola (MMA-ME, 2005), la zona cuenta con 738 explotaciones hortícolas con un total de 2.608 ha, de las cuales 1.843, se realizan a campo y 765 bajo invernáculo. La superficie promedio utilizada para cada cultivo a cielo abierto es de 5,5ha y de 2,4ha en invernáculos (Hang *et al.*, 2010, Stupino *et al.*, 2012).



Figura 2.10. Imagen satelital de la ciudad de La Plata y del Cinturón Hortícola Platense (círculo rojo). Fuente CFI, 2006.

La región se caracteriza por la existencia de pequeños y medianos productores (7 ha promedio), la mayoría de los cuales (61,2%) son arrendatarios. Pueden caracterizarse tres grupos de productores: 1) Productores que no son propietarios, en los que predomina el trabajo familiar y no utilizan prioritariamente los mercados concentrados como vía de comercialización de sus productos. Son principalmente de nacionalidad boliviana, 2) Productores de explotaciones hortícolas con producción mayoritariamente a campo, que son propietarios argentinos primordialmente con trabajadores familiares, pero con presencia

importante de trabajadores transitorios para completar la demanda estacional de mano de obra, 3) Productores propietarios de los predios hortícolas, con sistemas de producción preponderantemente bajo cubierta, con alto grado de capitalización. La mano de obra transitoria supera a la familiar y la vía de comercialización son los mercados concentradores (Hang *et al.*, 2010).

El 100% de la producción en el Partido de La Plata tiene como destino el consumo en fresco, abasteciendo de hortalizas frescas al área metropolitana que posee más de 13 millones de habitantes. Si bien el cultivo que ocupa la mayor superficie plantada es el de lechuga, seguido por los de tomate, alcaucil, acelga y espinaca, los establecimientos o predios hortícolas de esta región son, en general, muy diversificados. Producen alrededor de 30 tipos de hortalizas, entre ellas: apio, pimiento, frutilla, berenjena, choclo, chaucha, remolacha, zapallito y verduras de hoja.

SECCION II

Control biológico de *Tetranychus urticae*
mediante conservación de *Neoseiulus*
californicus

Capítulo 3. Características de las poblaciones de *Neoseiulus californicus* presentes en el CHP.

3.1. Introducción

La eficiencia en el control biológico de ácaros fitófagos por ácaros depredadores depende de características intrínsecas de las poblaciones locales y del origen geográfico de estas últimas, así como de las condiciones ambientales y de la planta hospedadora (Helle & Sabelis, 1985). Por tal motivo, es necesario estudiar la biología y ecología de cada población local, o producida comercialmente, para conocer el grado de control que puede ejercer el EN en la región en que se pretende utilizar. Puede ocurrir que el empleo de líneas genéticas comerciales producidas en otra región no permita reducir a la plaga por debajo del NDE, ya que los individuos liberados pueden no adaptarse a las características ambientales de la región. También existe en estos casos el riesgo de desplazamiento genético de las poblaciones nativas del EN, presentes en los cultivos o en la vegetación silvestre (Toyoshima & Hinomoto, 2004).

Varias características son propias de cada línea genética (“strain”), tales como la duración del desarrollo de huevo a adulto y la supervivencia de los estados preimaginales, que dependen de las condiciones climáticas y de la cantidad y calidad del alimento (Ma & Laing, 1973; Castagnoli & Simoni, 1991; Castagnoli & Simoni, 2003; Gotoh *et al.*, 2004, 2006; Escudero & Ferragut, 2005; Canlas *et al.*, 2006). El tiempo de desarrollo es dependiente de la temperatura, a medida que ésta aumenta los individuos se desarrollan más rápidamente. *Neoseiulus californicus* puede desarrollarse entre los 16 y los 32°C y 60-95% de humedad relativa (Fournier *et al.*, 1985), incluso Kim *et al.* (2009) registraron el desarrollo de este depredador a temperaturas desde los 12°C (18,38 días de desarrollo) hasta los 38°C (2,98 días de desarrollo), lo que demuestra la plasticidad para desarrollarse en diferentes regiones geográficas. Otro factor ambiental que influye en el desarrollo es la humedad relativa, siendo una alta humedad en el ambiente favorable para el desarrollo de esta especie (Castagnoli & Simoni, 1994). La supervivencia de los huevos se ve afectada fuertemente por este factor, mientras que las larvas son más tolerantes (Klapwijk, *et al.*, 2006). La distribución de este fitoseido en zonas áridas explica la tolerancia de esas poblaciones a la baja humedad (Castagnoli & Simoni, 2003; Palevsky *et al.*, 2008). Walzer *et al.* (2007) encontraron moderada susceptibilidad a condiciones áridas y diferencias sustanciales en las características

reproductivas, independientemente de las condiciones climáticas, en ocho líneas genéticas de *N. californicus*. Este depredador es utilizado como alternativa o conjuntamente con *Phytoseiulus persimilis* porque es más eficiente a altas temperaturas, baja humedad relativa y baja densidad de presas (Palevsky *et al.*, 2008; Weintraub & Palevsky, 2008).

Otra característica variable entre poblaciones locales es la fecundidad de las hembras de *N. californicus* (Toyoshima & Hinomoto, 2004). La misma se ve afectada por la cantidad y calidad del alimento, lo cual implica que cuando las hembras son transferidas de una dieta a otra necesitan un tiempo para readaptarse a las nuevas condiciones y recuperar su capacidad reproductiva (Castagnoli *et al.*, 2001). Esta situación puede ocurrir cuando individuos criados en una dieta artificial o exclusivamente con su presa principal son liberados en el campo. La fecundidad diaria de la población de *N. californicus* presente en el CHP es de 2,9 huevos, alimentada con *T. urticae* (Greco *et al.*, 2006). Resultados similares fueron obtenidos por Escudero & Ferragut (2005) incluso con otras dos especies del mismo género.

Las características mencionadas influyen sobre la tasa intrínseca de crecimiento, que varía entre las distintas líneas genéticas aún cuando se alimentan de la misma presa (Ma & Laing, 1973; Mesa *et al.*, 1990; Castagnoli & Simoni, 1991; Castagnoli *et al.*, 1999; Castagnoli & Simoni, 2003; Gotoh *et al.*, 2004, 2006; Toyoshima & Hinomoto, 2004). Esta tasa es uno de los criterios más utilizados para evaluar la eficiencia de los depredadores en el control de ácaros fitófagos (Canlas *et al.*, 2006). Sin embargo, hay que tener en cuenta además de este parámetro, otros factores como la capacidad de búsqueda y la tasa de depredación en la planta hospedadora en la que se desarrolla su presa.

Por otra parte, el grado de especialización de los depredadores en su dieta influye en la interacción con su presa. La preferencia por los distintos estados de la misma puede representar un componente de esta especialización que afecta dicha interacción, ya que los diferentes estados de desarrollo de la plaga contribuyen de manera diferencial al crecimiento de su población. Blackwood *et al.* (2001) encontraron una correlación entre la preferencia por los distintos estados de presa ofrecidos (huevos y larvas) y el grado de especialización del depredador. Tres depredadores especialistas, *P. persimilis*, *P. macropilis* (Banks) y *N. longispinosus* (Evans) y uno generalista, *N. fallaxis* (Garman) prefirieron huevos de *T. urticae*; mientras que 5 especies generalistas (*Kampidodromus aberrans* (Oudemans), *N. barkeri* (Hughes), *N. californicus*, *N. cucumeris* (Oudemans) y *T. pyri*) no mostraron preferencia por ninguno de los estados ofrecidos y 3 especies generalistas de Tipo IV, *Euseius hibisci* (Chant), *E. finlandicus* (Oudemans) y *A. andersoni* Chant consumieron un mayor número de larvas. Estos autores también observaron diferencias en las preferencias de tres

poblaciones de *Galendromus occidentalis* (Nesbitt), indicando la variabilidad entre líneas genéticas en el consumo de los distintos estados de una presa.

Otra característica importante estudiada en los fitoseidos es la capacidad de entrar en diapausa reproductiva. En los meses más fríos del año, el fotoperiodo principalmente, junto con la temperatura y la humedad pueden inducir a estos ácaros depredadores a un período de diapausa que se expresa como la ausencia de producción de huevos o un prolongado período de preoviposición (Overmeer, 1985; Veerman, 1992), por lo cual se la denomina diapausa reproductiva. La diapausa es un estado de quiescencia o de baja actividad metabólica que presentan ciertos organismos para sobrevivir a condiciones ambientales desfavorables como bajas temperaturas, sequías o escasa disponibilidad de alimentos y está influenciada por el origen geográfico de cada población (Castagnoli & Simoni, 2003; Allen, 2009). Este estado de diapausa es deseable ya que favorece la permanencia de los agentes de control biológico en los cultivos (Gotoh *et al.*, 2005), y además permitiría la sincronización con la fenología estacional de su presa principal (Hoy & Flaherty, 1970; McMurtry & Flaherty, 1977; Mori & Saito, 1979), así como una mayor supervivencia a las bajas temperaturas. Estas hembras presentan una menor actividad, disminución de la alimentación y una mayor resistencia a la inanición que las hembras que no pasan por este estado (Morewood, 1993; Veerman, 1992). No todas las especies tienen la capacidad de entrar en diapausa en condiciones desfavorables y muchos fitoseidos pasan el invierno satisfactoriamente sin pasar por ese estado (Morewood, 1993). Varias especies de esta familia han permanecido reproductivamente activos a lo largo del invierno en Israel, y a pesar de que el estado de diapausa es necesario para sobrevivir en los meses más fríos, el clima del Mediterráneo en las estaciones con menor temperatura parecer ser favorable para permitir que ciertos fitoseidos pasen el invierno sin entrar en ese estado (Wysocki & Swirski, 1971; Morewood, 1993).

La disponibilidad de alimento también influye en la capacidad de entrar en diapausa ya que Field & Hoy (1985) observaron que individuos de *T. occidentalis* criados bajo el mismo fotoperiodo, entraron en diapausa en mayor porcentaje cuando su presa fue escasa que cuando fue abundante.

La diapausa puede ser inducida en algunos ácaros exponiendo a los estados juveniles a fotoperiodos de día corto y temperaturas menores a 20°C (Fitzgerald & Solomon, 1991; Morewood, 1993), incluso puede ser inducida colocando huevos en las condiciones mencionadas, antes de que éstos eclosionen (Morewood & Gilkeson, 1991). En la mayoría de los insectos y ácaros la inducción de la diapausa tiene lugar durante los estados de desarrollo previos al estado en el cual se expresa. La sensibilidad al fotoperiodo puede darse en un solo

estado o extenderse a todos los estados de desarrollo. Existen algunos casos en que hembras de ácaros fitoseidos criadas en condiciones óptimas entraron en diapausa cuando se las expuso a condiciones que inducen ese estado (Swift, 1987; van Hounten, 1989). En *N. californicus*, la capacidad de entrar en diapausa varía entre 0 y 100%, dependiendo de las poblaciones o líneas genéticas estudiadas (Castagnoli *et al.*, 1996; Jolly, 2000; Hart *et al.*, 2002).

Las poblaciones de *N. californicus* en los cultivos de frutilla del CHP presentan varias características que describen a este EN como un potencial agente de control biológico de *T. urticae* mediante estrategias de conservación: a) alta coincidencia espacial con su presa, que sugiere la capacidad de dispersión del depredador así como la detección de folíolos con *T. urticae* aún a bajas densidades (Greco *et al.*, 1999); b) alto grado de sincronización con su presa en la colonización del cultivo (Greco *et al.*, 2011); c) distribución espacial menos agregada que su presa, permitiendo a *T. urticae* tener refugios parciales, lo cual favorece la persistencia del sistema depredador-presa (Greco *et al.*, 1999) y d) capacidad de sobrevivir a condiciones de inanición un corto período de tiempo y recuperar la capacidad de reproducirse cuando se le suministra el alimento nuevamente (Greco *et al.*, 2006).

El objetivo de este trabajo fue profundizar el conocimiento de las características biológicas de los individuos de poblaciones de *N. californicus* en los cultivos de frutilla del CHP. Se determinó: 1) la duración de cada estado de desarrollo; 2) la tasa de consumo de los estados preimaginales y adulto, y la preferencia por los distintos estados de desarrollo de la presa; y 3) la capacidad de las hembras de entrar en diapausa reproductiva.

3.2. Materiales y métodos

Colonias de *T. urticae* y *N. californicus*

Las colonias de *T. urticae* fueron mantenidas sobre hojas de frutilla, colocadas en recipientes plásticos con agua dentro de una caja cubierta con papel film para evitar que los individuos se escapen (Figura 3.1).

Las colonias de *N. californicus* se formaron a partir de individuos colectados en el campo en cultivos de frutilla. Debido a la similitud morfológica con otras especies, algunos de ellos fueron mantenidos en alcohol al 70%, en tubos eppendorf hasta que fueron preparados para su determinación. Para ello, se colocaron en lactofenol hasta observar una clara decoloración de la placa dorsal. Posteriormente los individuos se colocaron entre crubre y

portaobjeto con una gota de Hoyer como medio de montaje hidrofílico y semipermanente. Los preparados fueron llevados a una estufa a 40°C durante una semana. Las determinaciones se realizaron en un microscopio Olympus BX51(x 200) con contraste de fase y óptica de contraste interdifereencial. Las claves taxonómicas utilizadas para las determinaciones fueron las de Schuter & Pritchard (1963) y Guanilo *et al.* (2009)

Las colonias de *N. californicus* también fueron mantenidas en hojas de frutilla de la misma forma que las colonias de arañuelas. Huevos, juveniles y adultos de arañuelas fueron suministrados como alimento cada dos días, cepillando las hojas de la colonia con un pincel de pelo de marta, dejando caer los individuos sobre las hojas de cría de *N. californicus*.

Ambas colonias se mantuvieron bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y fotoperiodo: 25 ± 1 °C, 60-70 % RH and 14:10 (L: O). Los ensayos se realizaron bajo estas mismas condiciones.

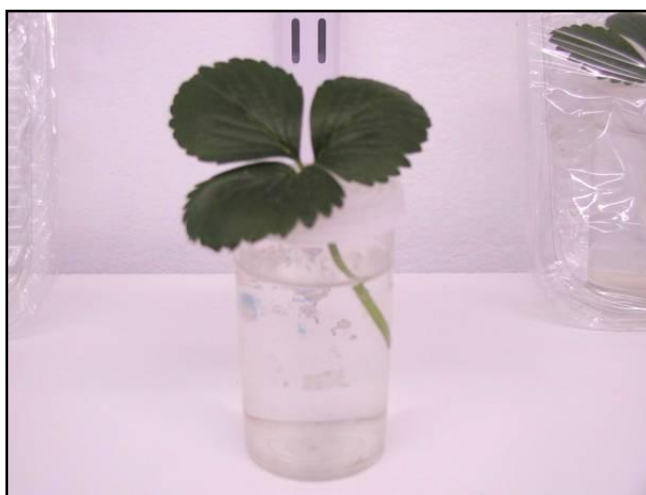


Figura 3.1. Dispositivo de cría.

Los plantines de frutilla provinieron de un vivero comercial de Mendoza y fueron implantados en el mes de abril. Los mismos se colocaron en macetas de plástico de 30cm de diámetro, utilizando tierra con compost (50%) y turba (50%) y se regaron periódicamente. En los meses de invierno las plantas fueron mantenidas bajo invernáculo vidriado en el CEPAVE para protección de las heladas, y en las otras estaciones del año a cielo abierto bajo media sombra de malla fina de color negro durante el verano para protegerlas del sol. Las plantas fueron acondicionadas eliminando manualmente ácaros e insectos presentes, hojas secas y malezas para mantenerlas en condiciones sanitarias adecuadas para su posterior utilización en

el mantenimiento de las colonias de arañuelas y de *N. californicus* y en los ensayos (Figura 3.2).



Figura 3.2. Plantas de frutilla a cielo abierto bajo media sombra.

Tiempo de desarrollo y supervivencia pre-imaginal de *N. californicus*

Se estudió la duración de desarrollo de huevo a adulto de *N. californicus* alimentado con todos los estados de su presa principal, *T. urticae*.

La unidad experimental (Figura 3.3) consistió en una cápsula plástica de 2,7cm de diámetro en la que se colocó una base de 2mm de alto de espuma floral, sobre la cual se dispuso un disco de agar de 1,8cm de diámetro, y sobre éste un disco de hoja de frutilla del mismo diámetro con la cara abaxial hacia arriba. Los discos se rodearon de agua para evitar que los individuos se escapen y para mantener la humedad en el dispositivo. Para preservar las condiciones óptimas de los discos de frutilla, éstos fueron reemplazados por otros nuevos cada vez que fue necesario, trasladando al depredador con un pincel muy fino.

Huevos del depredador de 24h de edad fueron dispuestos individualmente en las unidades experimentales. Los mismos procedieron de hembras de la colonia criadas con *T. urticae*. Cuando los huevos eclosionaron se les suministró el alimento ad libitum (huevos, ninfas y adultos de *T. urticae*). Se registró diariamente el estado de desarrollo y la supervivencia de cada individuo de *N. californicus* hasta el estado adulto (n= 20).

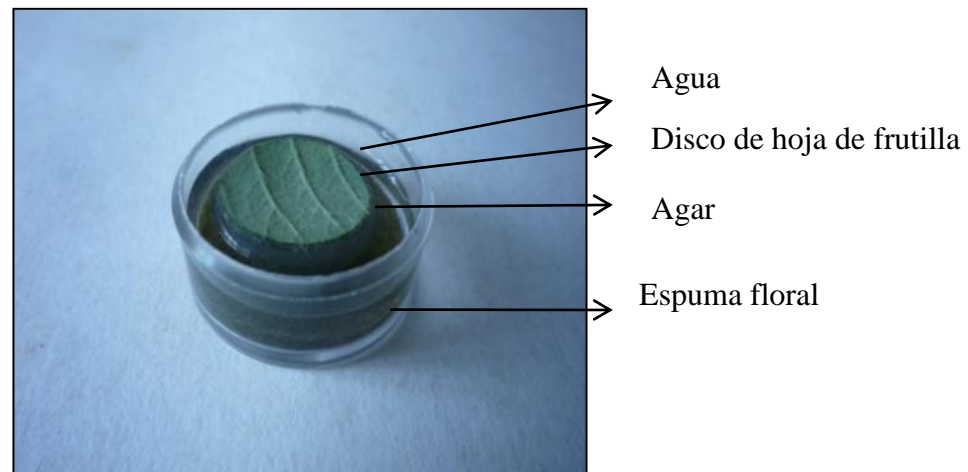


Figura 3.3. Unidad experimental.

Tasa de consumo y preferencia por distintos estados de presas, de los estados inmaduros y del adulto de *N. californicus*

Para conocer la tasa de consumo diaria de *N. californicus* se colocaron individualmente huevos del depredador en unidades experimentales ($n=10$). Una vez eclosionados, durante el desarrollo de los estados inmaduros se les ofreció 15 presas (5 huevos, 5 ninfas y 5 adultos) de *T. urticae* y se registró el consumo diario. De la misma manera, a las 24h, 48h y 72h después de la muda al estado adulto se evaluó la tasa de consumo de este estado.

El número de huevos de *T. urticae* consumidos por cada estado de desarrollo de *N. californicus* se comparó mediante ANOVA de una vía. Al no cumplirse los supuestos de normalidad y homocedasticidad que requiere el análisis, se aplicó a los datos la transformación raíz cuadrada y posteriormente se utilizaron pruebas de Tukey para la comparación de medias. El consumo de ninfas, adultos y el consumo total, por parte de protoninfas, deutoninfas y adultos de 24h, 48h y 72h de *N. californicus* se compararon mediante la prueba de Kruskal Wallis ya que no se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad para el ANOVA. Posteriormente, se hicieron comparaciones múltiples de los rangos promedio para cada par de grupos, calculando el valor de z-normal para cada comparación, así como su probabilidad (corregidas por el número de comparaciones) para un test de significancia de dos colas (Zar, 1996).

Complementariamente, se determinó la preferencia de los estados inmaduros de *N. californicus* y de los adultos de 24, 48 y 72h por los diferentes estados de presa ofrecidos (Figura 3.4), mediante el Índice de preferencia á de Manly con variación en la población de la presa (Krebs, 1999):

$$\alpha_i = \frac{\log_e \rho_i}{\sum_{j=1}^m \rho_j}$$

donde, α_i = Índice de preferencia α de Manly para la presa i

ρ_i y ρ_j = Proporción de presas i o j remanentes al final del experimento ($i = 1,2,3.....m$)
($j = 1,2,3.....m$) = e_i / n_i

e_i = Número de presas del tipo i que no fueron consumidas al final del experimento.

n_i = Número inicial de presas de tipo i en el experimento

m = Número de tipo de presas

Como en este caso existen tres tipos de presas, un valor de $\alpha = 0,33$ indica no preferencia, valores mayores revelan preferencia y valores menores muestran que el depredador evita ese tipo de presa.



Figura 3.4. Diferentes estados de *Tetranychus urticae* ofrecidos a *Neoseiulus californicus*

Diapausa

Para establecer las condiciones experimentales de fotoperiodo y temperatura que se consideran adversas para el depredador, se consideraron las correspondientes a las de otoño e invierno. Se calculó un promedio del fotoperiodo de los meses de otoño e invierno a partir de datos obtenidos del Servicio de Hidrografía Naval de la República Argentina (2011). Con los

datos de temperatura proporcionados por el Centro Astronómico de la ciudad de La Plata se obtuvo un valor promedio para esas estaciones en el período 2008-2010.

Para evaluar la existencia de diapausa en hembras de *N. californicus*, las mismas fueron aisladas de la colonia mantenida en el laboratorio a condiciones constantes (25 ± 1 °C, % RH, 14:10 L: D) y dispuestas individualmente en unidades experimentales iguales a las utilizadas en los ensayos anteriores. Tratamiento 1: 10 hembras de 24h de edad en estado adulto y copuladas fueron expuestas a condiciones de otoño ($16^{\circ}\text{C} \pm 1$, 11:13 L:O y 60-70% HR) y Tratamiento 2: 14 hembras de 24h de edad en estado adulto y copuladas fueron expuestas a condiciones de invierno ($10^{\circ}\text{C} \pm 1$, 10:14 L: O y 60-70% HR). Las unidades experimentales se revisaron diariamente y se determinó la proporción de hembras en estado de diapausa. En el caso de aquellas que no entraron en diapausa se registró la fecundidad diaria (número de huevos/hembra/día) durante los 10 primeros días de oviposición (Gotoh *et al.*, 2005; El Taj & Jung, 2011), así como la viabilidad de los huevos, el tiempo de desarrollo y la supervivencia de los estados inmaduros de la descendencia.

La proporción de hembras en diapausa en los tratamientos 1 y 2, se analizó estadísticamente mediante un test de diferencias de dos proporciones (Sokal & Rohlf, 1995).

3.3. Resultados y discusión

Tiempo de desarrollo y supervivencia pre-imaginal de *N. californicus*

La siguiente tabla muestra la duración de cada estado de desarrollo de *N. californicus* y el tiempo total de huevo a adulto.

Tabla 3.1. Duración de cada estado y tiempo de desarrollo de huevo a adulto (media \pm desvío estándar) de *Neoseiulus californicus* alimentado con distintos estados de *Tetranychus urticae*.

Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Huevo-Adulto
$1,96 \pm 0,64$	$0,66 \pm 0,46$	$1,15 \pm 0,37$	$1,3 \pm 0,47$	$6,05 \pm 0,39$

Estos resultados coinciden con los de Canlas *et al.*, (2006) quienes trabajaron a la misma temperatura, y con los Kim *et al.* (2009) quienes obtuvieron valores similares a 24°C en una población coreana. Una población italiana de este depredador completó su desarrollo a 25°C en un tiempo mayor al registrado en este estudio (Castagnoli & Simoni, 2003), mientras

una línea genética japonesa se desarrolló en 4,31 días (Gotoh *et al.*, 2004). Esto demuestra la variabilidad existente en esta característica entre las diferentes líneas genéticas.

Existe una estrecha relación entre la temperatura y el tiempo de desarrollo de *N. californicus* ya que afecta de manera significativa, como en otros ácaros, la duración de cada estado así como el desarrollo de huevo a adulto, siendo menor a mayor temperatura (Castagnoli & Simoni, 1991; Kustutan & Çakmak, 2009). Kim *et al.* (2009) observaron que a 12°C el desarrollo de huevo a adulto de *N. californicus* fue mucho más largo ($18,38 \pm 0.73$ días) mientras que a temperaturas de entre 28-38°C completó su desarrollo en menos días, y no logró completarlo cuando fue expuesto a 40°C. Por otra parte, una población local japonesa estudiada por Gotoh *et al.*, (2004) completó su desarrollo en 14,1 y 3 días a 15°C y 30°C, respectivamente; mientras que otra línea genética de *N. californicus* de origen japonés la duración del desarrollo fue similar a la mencionada anteriormente a 30°C, pero a 15°C completó su desarrollo en un tiempo mayor (Canlas *et al.*, 2006). Toyoshima & Hinomoto (2004) registraron un menor desarrollo de la línea genética comercial SPICAL comparada con tres poblaciones de origen japonés, y en consecuencia una mayor tasa intrínseca de crecimiento natural, ya que cambios en el tiempo de desarrollo tuvieron mayor efecto sobre el crecimiento de la población que cambios en la fecundidad de las hembras.

Neoseiulus californicus, como otros fitoseidos, tiene un menor tiempo de desarrollo que su presa *T. urticae*, una característica que favorece el control de la misma (Sabelis, 1985). Asimismo, presenta una mayor tolerancia a temperaturas por debajo de los 20°C y por sobre los 30°C que *P. persimilis*, un depredador que en algunas regiones no ha tenido un buen desempeño debido probablemente por la no adaptación a las condiciones climáticas (Escudero & Ferragut, 2005).

Además de la temperatura y la región geográfica de la cual proviene, el alimento influye en el tiempo de desarrollo de este depredador (Gotoh *et al.*, 2004, 2006; Escudero & Ferragut, 2005, Canlas *et al.*, 2006). La duración de los estados preimaginales difirió cuando *N. californicus* fue alimentado con diferentes especies del género *Tetranychus*, colectadas en un mismo cultivo e incluso en una misma planta en huertos de Valencia, España, siendo menor en aquellos alimentados con *T. ludeni* que con *T. evansi*. Sin embargo, este depredador al igual que *P. persimilis* no presentó un buen desempeño cuando se alimentó de *T. evansi*, y por lo tanto mostró poca habilidad para controlar a este fitófago en los cultivos (Escudero & Ferragut, 2005). Algo similar ocurrió con *Brevipalpus chilenensis* Baker, como recurso alimenticio para *N. californicus*. Solo los huevos y estados móviles inmaduros de este fitófago permitieron su desarrollo, por lo que es discutible su utilización como agente de control para

este ácaro (Vargas *et al.*, 2005). La población de *N. californicus* de la región de Aydin, en Turquía, alimentada con *T. cinnabarinus*, la plaga más importante de la región en cultivos de frutilla, algodón y hortícolas, presentó una duración del desarrollo de huevo a adulto menor a la obtenida en este estudio, a la misma temperatura (Kustutan & Çakmac, 2009). Cabe aclarar, que esta diferencia podría deberse también a distintas condiciones de humedad y fotoperiodo, además del alimento.

En el presente estudio la supervivencia de los estados preimaginales de *N. californicus* fue del 100%. Este resultado coincide con varios autores que han registrado una supervivencia mayor al 90% de este depredador, a temperaturas similares y alimentado con *T. urticae* (Castagnoli & Simoni, 1991; Gotoh *et al.*, 2004; Escudero & Ferragut, 2005; Canlas *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2009). La supervivencia de huevo a adulto fue también alta, del 94% y 100%, cuando fue alimentado con huevos y ninfas de *B. chilensis*, respectivamente (Vargas *et al.*, 2005).

Tasa de consumo y preferencia de los estados inmaduros de *N. californicus*

Las larvas no se alimentaron y no hubo diferencias significativas en el consumo total de *T. urticae* entre las protoninfas, deutoninfas y hembras adultas (de 1 día de edad) de *N. californicus* ($\chi^2 = 0,52$; gl = 2; P= 0,268). Solo las protoninfas no ingirieron adultos de la presa (Tabla 4).

Tabla 3.2. Número de individuos de distintos estados de *Tetranychus urticae* consumidos por los estados inmaduros y hembras adultas de *Neoseiulus californicus* (promedio \pm desvío estándar).

	<i>T. urticae</i>			
	Huevos	Ninfas	Adultos	Consumo total
Larvas	---	---	---	---
Protoninfa	3,10 \pm 1,52 a	0,20 \pm 0,63 b	0 b	3,30 \pm 1,89 b
Deutoninfa	3 \pm 1,69 a	1,7 \pm 1,42 a	0,2 \pm 0,42 ab	4,9 \pm 2,23 ab
Hembras adultas de 24h	2,28 \pm 1,32 a	1,64 \pm 1,00 a	0,38 \pm 0,53 a	4,3 \pm 1,67 ab
Hembras adultas de 48h	2,06 \pm 1,02 a	1,86 \pm 0,75 a	0,6 \pm 0,67 ab	4,52 \pm 1,67 ab

Hembras adultas de 72h	2,02 ± 1,15 a	1,92 ± 0,75 a	0,92 ± 0,79 a	4,3 ± 1,67 a
------------------------	---------------	---------------	---------------	--------------

Valores con la misma letra en cada columna indican diferencias no significativas.

Analizando los valores del Índice de Manly (Tabla 3.3) se observa que las protoninfas, deutoninfas y adultos de 24h y 48h prefirieron alimentarse de huevos de *T. urticae*, aunque en estos últimos la preferencia fue menos marcada. Los adultos de 72h prefirieron en cambio alimentarse de ninfas de su presa.

Tabla 3.3. Valores del Índice de preferencia α de Mainly. Diferentes estados de presa de *Tetranychus urticae* ofrecidos a distintos estados de *Neoseiulus californicus*.

	<i>T. urticae</i>		
	Huevos	Ninfas	Adultos
Protoninfa	0,95	0,04	0,00
Deutoninfa	0,65	0,31	0,04
Adulto 24h	0,85	0,13	0,02
Adulto 48h	0,42	0,35	0,16
Adulto 72h	0,31	0,53	0,16

Las larvas de *N. californicus* de la población del CHP no necesitarían alimentarse para cambiar de estado. Zhang & Croft (1994) las consideraron como “larvas de alimentación facultativa”, mientras que varios autores las han observado alimentándose (Monetti & Croft, 1997; Palevsky *et al.*, 1999; Gotoh *et al.*, 2004, Ragusa *et al.*, 2009; Marafeli *et al.*, 2011).

En relación a la preferencia, los adultos de 24h de *N. californicus* consumieron más huevos pero a medida que pasó el tiempo se observó una preferencia por los estados ninfales. Resultados similares fueron obtenidos por otros autores en cultivos de rosas en Bogotá (Forero *et al.*, 2008) y en una población japonesa (Canlas *et al.*, 2006). Marafeli *et al.* (2011) encontraron resultados similares en cuanto a la preferencia de los adultos pero observaron que las protoninfas y deutoninfas, a diferencia de los resultados obtenidos en este estudio, consumieron más larvas que otros estados de desarrollo de *T. urticae*. Rodríguez *et al.* (2003) demostraron que *N. californicus* consume todos los estados de *T. urticae*, con preferencia sobre huevos y estados inmaduros.

Un mayor consumo de estados ninfales de *T. urticae* por los adultos de *N. californicus* también fue registrado por Canlas *et al.* (2006). Asimismo el consumo y la fecundidad de *N.*

californicus aumentaron cuando la densidad de los huevos y los estados ninfales ofrecidos fue mayor. Sin embargo, cuando al depredador solo le ofrecieron adultos de *T. urticae* como alimento, a distintas densidades, la fecundidad se mantuvo baja. En este estudio, los adultos de *N. californicus* consumen un mayor número de adultos de la presa que los estados ninfales del depredador. Esto podría deberse al tamaño relativo y la movilidad de estas presas; y a los requerimientos nutricionales relacionados probablemente con la reproducción. Sin embargo, Blommers *et al.* (1976, 1977) sugirieron que los adultos de *T. urticae* constituirían un tipo de alimento inferior. Además el valor nutricional de los estados ninfales parecería ser similar al de los huevos, ya que la fecundidad de las hembras de *N. californicus* fue similar cuando se alimentó con huevos o estados juveniles de *T. urticae*.

Diapausa

Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de hembras de *N. californicus* en diapausa en condiciones de otoño y de invierno ($P < 0,01$) (Figura 3.5). En condiciones de otoño el 40% de las hembras entraron en este estado mientras que el 100% de las hembras expuestas a condiciones de invierno presentaron diapausa reproductiva, ya que no dejaron descendencia. Las hembras en condiciones de otoño que no entraron en diapausa tuvieron una fecundidad muy baja (4,67 huevos/hembra/10días). Esta observación coincide con lo registrado en hembras de una población de origen coreano, cuya fecundidad fue menor a 15°C que a 21°C, sin encontrarse diferencias en hembras expuestas a una misma temperatura con diferentes fotoperiodos (El Taj & Jung, 2011).

La capacidad de entrar en diapausa de *N. californicus* varía de acuerdo a su lugar de origen y a las condiciones de temperatura y fotoperiodo (Tabla 3.4). La comparación de la información obtenida de la literatura sobre los factores de mayor importancia en la inducción de la diapausa, es difícil de realizar por la gran variabilidad en las condiciones experimentales. No obstante, el fotoperiodo parece tener mayor influencia que la temperatura en la inducción de la diapausa (Veerman, 1992).

En la mayoría de los estudios experimentales la inducción de la diapausa se realiza en los estados juveniles. Existen escasas investigaciones que exponen, como en este estudio, a las hembras del depredador a condiciones de fotoperiodo y temperatura desfavorables para investigar la capacidad de entrar en diapausa reproductiva con inducción en el mismo estado de desarrollo en el cual se manifiesta. Swift, (1987) encontró resultados similares al observar hembras *A. fallacis* que entraron en diapausa cuando fueron expuestas a dichas condiciones en

ese mismo estado. Hembras en diapausa, transferidas de condiciones de día largo (14:10 L:O) a día corto (12: 12 L:O) ovipusieron durante 15 días a partir del sexto día de estar en estas últimas condiciones y luego entraron en diapausa. Gradualmente la fecundidad de las hembras comenzó 40 días después de haber estado en este estado. La supervivencia fue mayor que la de aquellas que no entraron en diapausa cuando fueron mantenidas con un fotoperiodo de día largo.

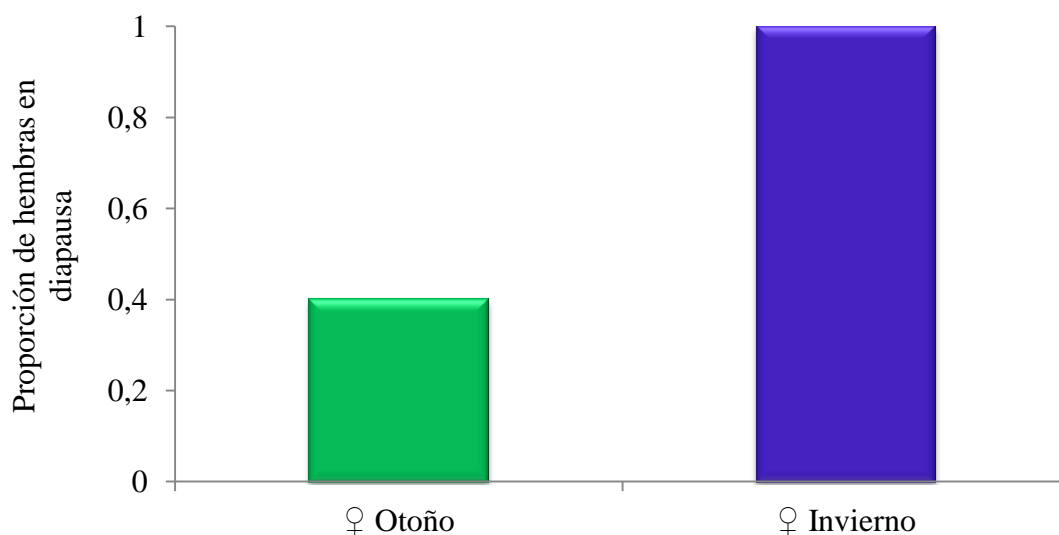


Figura 3.5. Proporción de hembras adultas de 24h de edad de *Neoseiulus californicus* que entraron en estado de diapausa en condiciones de otoño y de invierno.

Tabla 3.4. Incidencia de diapausa (%) en poblaciones de *Neoseiulus californicus* de distinto origen geográfico y producidas comercialmente con *Tetranychus urticae* como alimento.

Población	Latitud	Condiciones de desarrollo	(%)	Referencia
Corea		18 °C; 06:18 L:O	0	El Taj & Jung (2011)
Japón	35° 28'N	15 °C; 16:08 L:O	0	Gotoh <i>et al.</i> (2005)
España	40° 00'N	21 °C; 08:16 L:O	16	Jolly (2000)
Estados Unidos	38° 00'N	21 °C; 08:16 L:O	0	Jolly (2000)
Reino Unido	51° 32'N	21 °C; 08:16 L:O	96	Jolly (2000)
Italia		17 °C; 10:14 L:O	71	Castagnoli <i>et al.</i> (1996)

	17 °C; 12:12 L:O	0	
	19 °C; 10:14 L:O	84	
	21 °C; 10:14 L:O	82	
Japón (comercial)	15 °C; 16:08 L:O	0	Gotoh <i>et al.</i> (2005)
	15 °C; 08:16 L:O	0	
Estados Unidos (comercial)	19 °C, 06:18 L:O	0	Hart <i>et al.</i> 2002

La viabilidad de los huevos de las hembras que no entraron en diapausa reproductiva en condiciones de otoño fue del 100%, logrando el 77,8% alcanzar el estado adulto, observándose la mayor mortalidad en el estado de deutoninfa. El tiempo de desarrollo de *N. californicus* de huevo a adulto a 16°C y 11:13 L:O fue de 13,31 días (Tabla 3.5), mucho mayor que el registrado en este mismo estudio en condiciones de 25°C y 14:10 L:O. Esto sugiere que las condiciones promedio de temperatura y fotoperiodo de esta estación en el CHP no afectarían negativamente la viabilidad de los huevos, pero reducirían la supervivencia y alargarían el tiempo de desarrollo. Castagnoli *et al.* (1996) observaron un mayor tiempo desarrollo de la población italiana de *N. californicus* cuando fue expuesto a condiciones similares a las de otoño en este experimento.

Tabla 3.5. Duración de cada estado y tiempo de desarrollo de huevo a adulto (media \pm desvío estándar) de *Neoseiulus californicus* alimentada con distintos estados de *Tetranychus urticae* a 16°C y 11:13 L:O

Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Huevo-Adulto
4,54 (\pm 1,13)	1,15 (\pm 0,38)	2,46 (\pm 1,13)	4,15 (\pm 1,82)	13,31 (\pm 1,49)

Este estudio proporciona información complementaria a la existente sobre las características de la población de *N. californicus* del CHP, que permite evaluar su potencial como agente de control de *T. urticae* en cultivos de frutilla. La capacidad de entrar en

diapausa de las hembras adultas en invierno sería favorable para este depredador ya que le permitiría sobrevivir a condiciones de baja temperatura y escasas de presas. Esta capacidad le permitiría además, sincronizar su desarrollo y reproducción con los de su presa principal en los cultivos de frutilla, otros cultivos y la vegetación silvestre del CHP. El estado de diapausa reproductiva es común también en las especies del género *Tetranychus* como se ha observado en *T. urticae* y *T. turkestanii* (Veerman, 1985). En general, la única forma invernal de *T. urticae* presente en el campo en países de climas templados o fríos son hembras que abandonan la planta hospedadora y buscan un lugar para pasar el invierno, al tiempo que se produce un cambio de coloración del cuerpo (Arias & Nieto, 1981; Arias, 1996; Alvarado *et al.*, 1984).

Estudios adicionales permitirían conocer si la exposición de los estados inmaduros de *N. californicus* a condiciones de las estaciones más frías del año inducen un mayor porcentaje de hembras en diapausa.

Capítulo 4. Presencia espacio-temporal de *Neoseiulus californicus* en predios del Cinturón Hortícola Platense.

4.1. Introducción

El control biológico (CB) por conservación implica la manipulación del ambiente de los enemigos naturales (EN) para favorecer su supervivencia y desempeño fisiológico y/o de comportamiento a fin de aumentar su efectividad como agentes de control. En general, la manipulación del ambiente o hábitat de los EN implica eliminar o disminuir las condiciones perjudiciales para los mismos, o propiciar los factores favorables cuando están ausentes o en niveles inadecuados (Barbosa, 1998).

En los predios hortícolas existen EN que tienen la capacidad de controlar a las plagas, sin embargo para que el control sea eficaz es importante que éstos colonicen el cultivo en un momento adecuado y que el número de depredadores sea suficiente (Alomar & Albajes, 2005). Por ello, para la conservación de depredadores y parasitoides la manipulación del ambiente está dirigida a aumentar la supervivencia y fecundidad de los mismos, a través de la provisión de fuentes alternativas de alimento (tales como presas u hospedadores alternativos, néctar, polen y honeydew), microclimas favorables para su desarrollo y refugios para condiciones ambientales extremas y/o plaguicidas (Ferro & Mc Neil, 1998; Gurr *et al.*, 2003; Penagos *et al.*, 2003; Boller, *et al.*, 2004; Alomar & Albajes, 2005; Altieri & Nicholls, 2007).

El manejo del hábitat, o manipulación del ambiente, puede realizarse a diferentes escalas espaciales (Norris & Kogan, 2005): a) a nivel del cultivo específico; b) en un contexto de predio productivo compuesto por la diversidad de hábitat, tal como otros cultivos y vegetación silvestre, que ofrece un mosaico de condiciones favorables y desfavorables para las plagas y sus EN; y c) a escala de paisaje ecológico o eco-región. La extensión y número de hábitat propicios para los enemigos puede determinar el grado de control ejercido y su duración (Barbosa & Benrey, 1998).

Los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a distintos tipos de manejo. La disposición espacial de los cultivos en el predio, y las prácticas en cada uno de ellos, van cambiando a través del tiempo. La disponibilidad espacial y temporal de los recursos asociados a los cultivos y a las plantas silvestres pueden ser claves para establecer dónde, cuándo y cómo un depredador o parasitoide sobrevive y se desempeña en el agroecosistema (Barbosa, 1998; Nicholls & Altieri, 2002). Además, la fenología de los cultivos anuales o

perennes también podría afectar la sincronía entre los recursos disponibles y los estados de desarrollo de los EN que requieren esos recursos.

En este marco, la diversidad vegetal tiene un rol central en maximizar el control de los herbívoros (Root, 1973; Ferro & Neil, 1998; Landis *et al.*, 2000; Gurr *et al.*, 2004; Fiedler *et al.*, 2008). El incremento de la diversidad vegetal puede obtenerse a través de la utilización de policultivos, cultivos intercalados y cultivos trampa (Speight, 1983; Grossman & Quarles, 1993), o a través del mantenimiento o conservación de la vegetación silvestre (García- Marí & Costa Comelles, 1997).

Numerosos estudios indican las ventajas de incorporar otras plantas al sistema de cultivo (Smith & Papacek, 1991; Gurr *et al.*, 1998; Landis *et al.*, 2000) para favorecer la acción de los agentes de control, y confirman que la implementación de técnicas que contemplan la diversificación del hábitat conduce a aumentar el control de ciertas plagas (Nicholls & Altieri, 2004). Sin embargo, una alta diversidad en los sistemas productivos puede muchas veces ser negativa, ya que algunas especies vegetales pueden ser fuentes de inóculo de enfermedades u hospedadoras de otros herbívoros (Escudero *et al.*, 1999). Por lo tanto, la diversidad vegetal *per se* no beneficia el control de las plagas en un agroecosistema, sino que es necesario identificar qué elementos de la misma deben ser conservados o introducidos en cada sistema en particular, teniendo en cuenta la biología y el comportamiento de las plagas y de sus EN.

La importancia de mantener áreas con vegetación silvestre rodeando los cultivos para la presencia de ácaros depredadores ha sido documentada en numerosos sistemas productivos, e indica que estas áreas proveen hábitat temporales y posibles fuentes de alimento para los ácaros fitoseidos en distintas épocas del año (De Moraes *et al.*, 1993; Escudero *et al.*, 1999; Duso *et al.*, 2003; Juárez Ferla *et al.*, 2007). Un número importante de especies de ácaros depredadores fueron colectados en especies vegetales silvestres alrededor del cultivo de mandioca en Brasil, entre ellos *Amblyseius aripo* (DeLeon), *A. ideaus* (Denmark y Muma) y *A. limonicus* Garman, que son las especies más comunes en este cultivo y contribuyen al control de *Mononychelus tanajoa* (Bondar) (De Moraes *et al.*, 1993). La vegetación silvestre cercando a los viñedos en Italia representó un mayor reservorio de fitoseidos, en especial de *Euseius finlandicus* Oudemans, que los cercos de especies implantadas individualmente o en conjunto (Duso *et al.*, 2003). Juárez Ferla *et al.*, (2007) registraron, en Brasil, numerosas especies de fitoseidos tanto en el cultivo de frutilla como en la vegetación silvestre circundante, principalmente en *Richardia* sp., *Agerantum conyzoides* L., *Sonchus oleraceus* L., *Bidens pilosa* L. y *Rumex* sp.

Por otra parte, la capacidad de dispersión de los ácaros depredadores es una característica importante que permite la persistencia de muchos sistemas depredador-presa (Huffaker *et al.*, 1963; Nachman, 1988; van de Klashorst, 1992). Debe tenerse en cuenta para implementar un CB por conservación, ya que los agentes de control pueden colonizar los cultivos desde otros adyacentes o desde la vegetación silvestre lindera a los mismos. Escudero & Ferragut (1998) observaron que la ausencia de vegetación silvestre rodeando parcelas de cultivos produjo un retraso en la colonización de los fitoseidos, porque necesitarían más tiempo para colonizar desde plantas alejadas, lo que produce mayores riesgos de mortalidad durante la dispersión.

Los ácaros fitoseidos se dispersan principalmente en forma ambulatoria o mediante las corrientes de aire. La dispersión ambulatoria ocurre en la planta y entre plantas muy cercanas cuando los ácaros buscan alimento, protección y sitios para oviponer, mientras que la dispersión aérea les permite colonizar otras áreas dentro del cultivo u otros ambientes (Croft & Jung, 2001). La dispersión ambulatoria de los fitoseidos está influenciada por varios factores como la especialización en la dieta, la disponibilidad de presas, los estímulos químicos o físicos de las presas (como las telas que ellas producen), las características físicas y químicas de las plantas, y la estructura de la planta (altura, canopeo, etc.) (Croft & Jung, 2001).

Los depredadores especialistas abandonan un grupo o colonia de presas cuando la mayoría de los individuos fueron consumidos, mientras que los ácaros generalistas como *N. californicus*, no sólo se dispersan caminando para la búsqueda de nuevos grupos o colonias de presas, sino también para escapar de sus depredadores o ante algún disturbio (Jung & Croft 2001). En relación a la dispersión entre plantas aisladas a través de las corrientes de aire, numerosos estudios en distintos cultivos (frutilla, lúpulo, menta) demuestran que los depredadores especialistas como *P. persimilis* presentan tasas más altas de dispersión que los depredadores generalistas (Croft & Jung, 2001). Asimismo, se han encontrado diferencias en la capacidad de dispersión en dos ácaros clasificados como especialistas tipo II, tales como *N. californicus* y *N. fallacis*. El primero presentó una menor dispersión entre las plantas que *N. fallacis* y esto podría relacionarse con el grado de especialización en sus dietas, ya que *N. californicus* posee una mayor amplitud en la misma (Pratt *et al.*, 1998).

En los predios del Cinturón Hortícola Platense (CHP), el control de los herbívoros que atacan los diferentes cultivos se realiza mediante la aplicación de plaguicidas (Polack *et al.*, 2008), los cuales afectan negativamente a los EN, ya que en general, se utilizan productos de amplio espectro, no selectivos (Stark & Banks, 2003; Desneux *et al.*, 2007.). Los herbicidas

suelen tener también un efecto tóxico directo o indirecto sobre los depredadores y parasitoides (Schneider *et al.*, 2009; Benamú *et al.*, 2010), y además al eliminar la vegetación de presencia espontánea (vegetación silvestre) de los predios hortícolas, reducen hábitats propicios para favorecer la persistencia de los mismos.

Los individuos de poblaciones del depredador *N. californicus* del CHP, poseen características que les confieren potencialidad para ser buenos agentes de CB mediante la estrategia de conservación. En tal sentido, sus principales características son: la colonización temprana del cultivo de frutilla, la habilidad para detectar folíolos aún con escasa densidad de presas y de permanecer en los folíolos en los que disminuye la densidad de la misma (Greco *et al.* 1999, 2005, 2011), la tolerancia a la inanición (Greco *et al.*, 2006), la capacidad de pasar el invierno en estado de diapausa reproductiva (Capítulo 3), y la amplitud de su dieta (Capítulo 5).

Se conoce que este depredador se alimenta no sólo de *T. urticae*, su presa principal, sino también de otros alimentos alternativos como polen, ninfas de trips, y otros ácaros (McMurtry, 1997) que podrían estar presentes en la vegetación silvestre. Además, esta vegetación podría ser fuente de refugios ante condiciones desfavorables. Chant (1959) registró que fitoseidos que habitan plantas herbáceas anuales se mueven en el otoño a plantas siempre verdes como *Ranunculus* spp y *Urtica dioica* donde se concentran para pasar el invierno.

La utilización de *N. californicus* para el CB de *T. urticae* por conservación en frutilla, requiere integrar la disminución del uso de acaricidas (Greco *et al.*, 2011) con otras estrategias de manejo del hábitat que favorezcan su desarrollo y persistencia, relacionadas con la diversidad vegetal. Los predios del CHP, además de la diversidad de vegetación silvestre se caracterizan por la diversificación de cultivos, los cuales se realizan, en general, en pequeñas parcelas formando un mosaico. Se implementan una amplia variedad de cultivos anuales y otros de mayor permanencia temporal, como el alcaucil, que se mantiene durante varias temporadas, y el de frutilla que suele mantenerse durante dos ciclos productivos.

En los sistemas de producción hortícola de la región no se conoce la disponibilidad espacio-temporal de recursos alternativos para este depredador, dentro y fuera del cultivo, ni tampoco dónde se encuentra mientras el cultivo no está presente. Esta información es indispensable para diseñar estrategias de manejo del hábitat, como el incremento o mantenimiento de cierta diversidad vegetal adyacente al cultivo de frutilla y la proximidad de otros cultivos que favorezcan la colonización temprana de éste, y propicien el desarrollo de sus poblaciones.

La hipótesis de este trabajo es que el mosaico de hábitat de los predios del CHP, formado por cultivos y vegetación silvestre, brinda a *N. californicus* los recursos necesarios para su permanencia espacial y temporal.

Se plantean las siguientes predicciones:

- *N. californicus* estará presente durante todo el año en los predios del CHP en distintos cultivos, debido a la estacionalidad propia de los mismos.
- *N. californicus* estará asociado, en los cultivos, principalmente a *T. urticae* y cuando este herbívoro sea escaso se lo encontrará asociado a otros ácaros e insectos que pueden ser posibles alimentos alternativos.
- En invierno, *N. californicus* será más frecuente en cultivos cuyas características morfológicas o físicas de las plantas puedan constituir refugios frente a condiciones climáticas adversas.
- *N. californicus* estará presente en distintas especies de vegetación silvestre de los predios hortícolas.
- La frecuencia de aparición de *N. californicus* será independiente de la frecuencia de las distintas especies vegetales en cada estación del año, ya que dependerá principalmente de los recursos que éstas le brinden.
- La frecuencia de *N. californicus* en las especies de vegetación silvestre estará relacionada con la presencia de su presa principal y con la floración de las mismas, ya que el polen de algunas plantas puede ser un alimento alternativo.

El objetivo de este trabajo fue determinar la presencia espacio-temporal de *N. californicus* en los cultivos y en la vegetación silvestre de predios del CHP en las distintas estaciones del año, así como identificar posibles fuentes de alimento alternativo y refugios para este depredador.

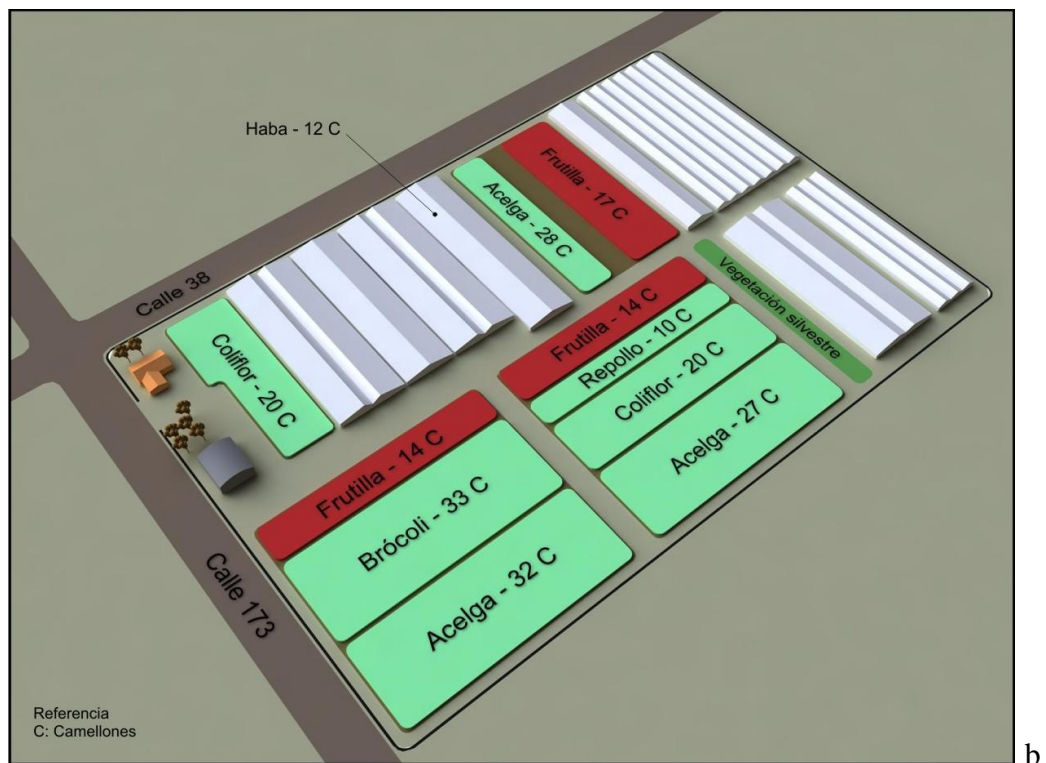
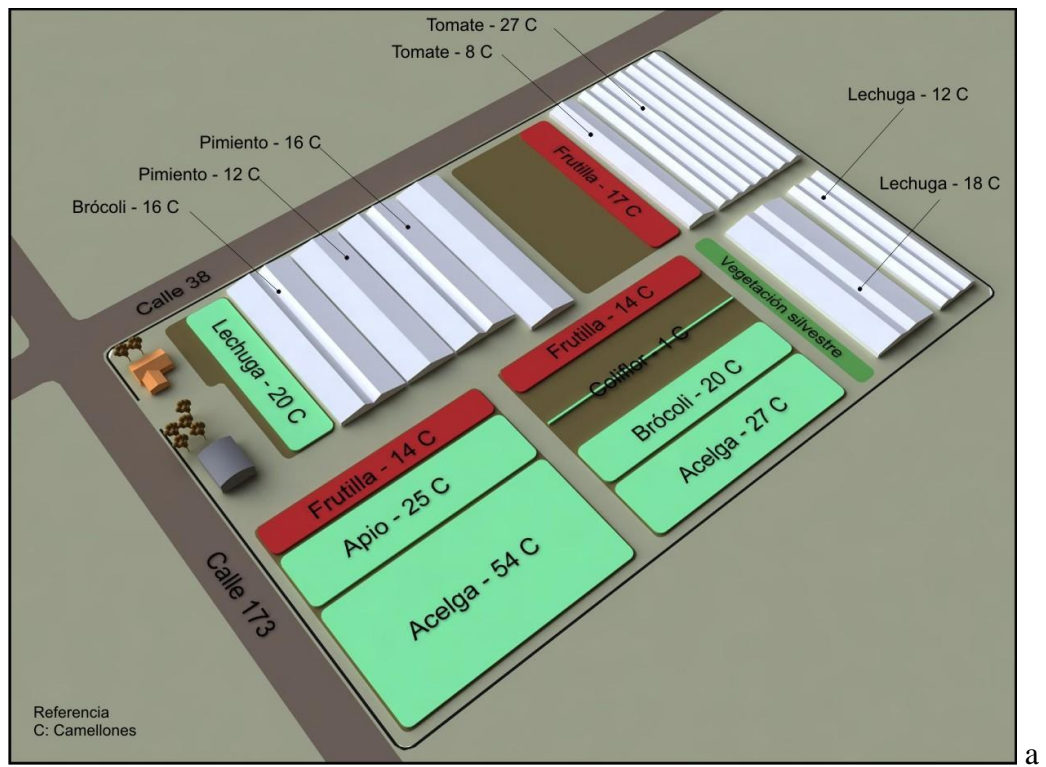
4.2. Materiales y métodos

Cultivos

En predios hortícolas ubicados en la localidad de Los Hornos, La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina ($38^{\circ}52'S$, $57^{\circ}59'O$) (Figuras 4.1 y 4.2) se realizaron muestreos de *N. californicus*, *T. urticae*, otros ácaros (*Tydeus* spp.) e insectos (áfidos, trips y moscas blancas) comunmente presentes en el cultivo de frutilla, tanto en éste como en hortalizas, a cielo abierto y bajo cubierta (Figura 4.3).



Figura 4.1. Imagen satelital de predios del Cinturón Hortícola Platense.



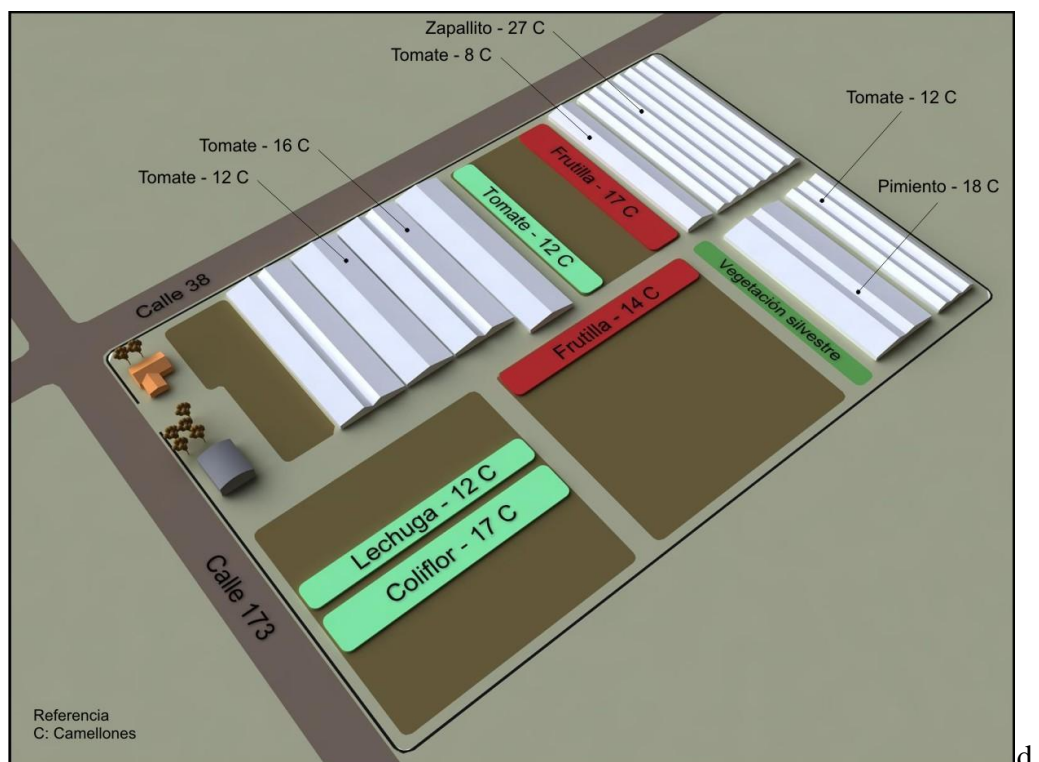
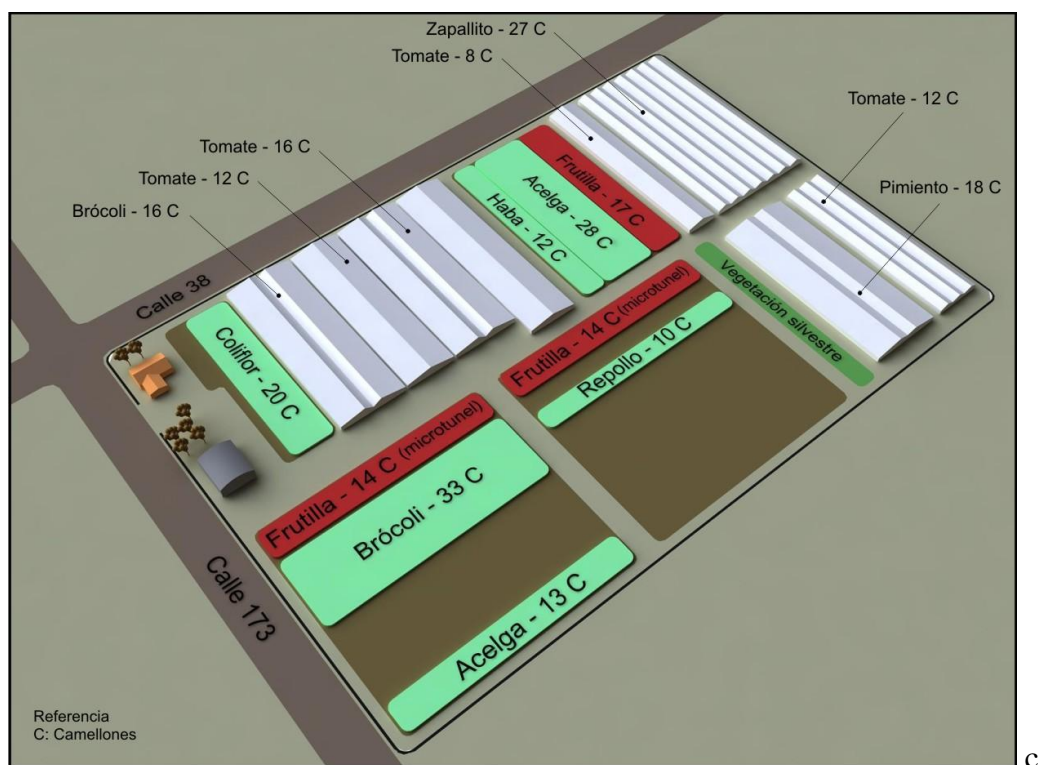


Figura 4.2. Diversificación espacio temporal de los cultivos en un predio representativo del CHP, estudiado en 2008-2009: a) cultivos presentes en otoño, b) cultivos presentes en invierno, c) cultivos presentes en primavera, d) cultivos presentes en verano.



Frutilla



Acelga



Lechuga



Zapallito



Pimiento



Alcaucil



Figura 4.3. Cultivos más representativos en los predios del CHP.

En cuatro predios se tomaron muestras mensuales desde abril de 2005 hasta marzo de 2009 en el cultivo de frutilla y otros cultivos presentes (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Cultivos del CHP muestreados en cada estación del año y número de lotes de cada cultivo (n).

Familia	Especie	Nombre vulgar	Otoño (n)	Invierno (n)	Primavera (n)	Verano (n)
Asteraceae	<i>Cynara scolymus</i> L.	Alcaucil	8	8	10	8
	<i>Lactuca sativa</i> L.	Lechuga	7	6	7	2
	<i>Cichorium intybus</i> L.	Radicchio	2	1	-	-
Apiaceae	<i>Apium graveolens</i> L.	Apio	9	8	7	1
	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Fuss	Perejil	2	2	1	-
Brassicaceae (Cruciferae)	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck	Brócoli	3	4	-	-
	<i>Brassica oleracea</i> L.	Coliflor	2	2	2	4
	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L.	Repollo	2	1	1	1
	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>gemmifera</i>	Repollito de Bruselas	-	-	1	-
Cucurbitaceae	<i>Cucumis sativus</i> L.	Pepino	3	-	1	1
	<i>Cucurbita moschata</i> (Duch.)	Zapallito	6	-	4	17
Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Haba	2	4	6	2
Liliaceae	<i>Allium fistulosum</i> L.	Cebolla de verdeo	5	8	8	2

	<i>Allium ampeloprasum</i> var. <i>porrum</i> (L.)	Puerro	-	2	3	-
Poaceae	<i>Zea mays</i> var. <i>saccharata</i> L.	Maiz	4	-	4	10
Quenopodiaceae	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> L.	Acelga	11	14	13	9
	<i>Spinacia oleracea</i> L.	Espinaca	-	2	-	-
	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>conditiva</i> L.	Remolacha	-	2	3	2
Rosaceae	<i>Rubus idaeus</i> L.	Frambuesa	8	2	5	6
	<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.)	Frutilla (lotes productivos)	13	17	7	13
	<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.)	Frutilla (lotes abandonados)	4	5	-	1
Solanaceae	<i>Solanum melongena</i> L	Berenjena	1	-	-	8
	<i>Capsicum annum</i> var. <i>annun</i> L.	Pimiento	8	2	5	9
	<i>Solanum lycopersicum</i> Mill	Tomate cherry	1	-	-	2
	<i>Solanum lycopersicum</i> Mill	Tomate	6	-	12	14

La unidad de muestra en el cultivo de frutilla fue el folíolo y se tomaron 90 folíolos al azar en cada muestra o fecha de muestreo. Los otros cultivos presentes en el predio fueron muestreados tomándose 30 hojas (unidades de muestra) al azar en cada muestra. Las unidades de muestra fueron llevadas al laboratorio y observadas bajo lupa binocular para observar la presencia de los ácaros e insectos. Se registraron todos los estados de desarrollo de los ácaros y de los áfidos, huevos, ninfas y adultos (que ocasionalmente estuvieron sobre las hojas) de moscas blancas, y las ninfas de trips.

Los individuos de *N. californicus* registrados en los distintos cultivos fueron colocados en alcohol 70%. La especie fue confirmada en todas las ocasiones, mediante la metodología descrita en el Capítulo 3.

La frecuencia de aparición por estación del año se calculó como: (número total de veces que apareció cada ácaro o insecto/el número total de unidades de muestra tomadas en cada estación)x100.

La asociación entre la frecuencia de *N. californicus* y la de *T. urticae* en los cultivos en cada estación se analizó mediante una regresión lineal, previa transformación arcoseno de los datos.

Para evaluar la asociación entre la frecuencia de *N. californicus*, los cultivos muestreados y otros ácaros e insectos presentes, se realizó un Análisis de correspondencia (AC) (Salvador Figueras, 2003) como prueba de ordenación en cada estación del año. Solo se incluyeron en el análisis los cultivos en los que *N. californicus* estuvo presente en cada estación. La existencia de independencia se analizó mediante la prueba de χ^2 , para medir las distancias entre lo observado y lo esperado si se cumple la hipótesis nula de independencia.

Vegetación silvestre

A fin de caracterizar la comunidad de especies de plantas silvestres se realizaron muestreos en uno de los predios, donde se tomaron muestras mensuales de: a) la vegetación adyacente a las plantas de frutilla o presente a los costados de los camellones (Figura 4.4), desde abril de 2005 a abril de 2006 y desde enero de 2008 a marzo de 2009, b) en una franja de vegetación silvestre aledaña a las parcelas de cultivos, de 200 m² (2m de ancho x 100m de largo) en el lateral del predio, separada del área de cultivos por un camino de circulación interna (Figura 4.5a), desde junio de 2006 a febrero de 2007.

En la vegetación adyacente a las plantas de frutilla o presente a los costados de los camellones, se tomaron 30 unidades de muestra que consistieron en tres hojas de cada especie vegetal presente alrededor de una planta de frutilla seleccionada al azar. Cuando las plantas estaban en estado reproductivo se tomaron además tres flores de cada una.

En el área de vegetación silvestre aledaña a las parcelas de cultivos se delimitaron al azar 20 unidades de muestra de 0,25m² (Figura 4.5b) y se recolectaron tres hojas de cada especie vegetal presente. Cuando las plantas estaban en estado reproductivo se tomaron además tres flores de cada una, como en las unidades de muestras de la vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla.



Figura 4.4. Vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla.



Figura 4.5. a) Vegetación silvestre aledaña a las parcelas de cultivos en un predio del CHP. b) Cuadrado de 0,5 x 0,5m utilizado en el muestreo.

Con los datos obtenidos en ambos muestreos se calculó la riqueza específica y la frecuencia de aparición de cada especie vegetal. Ésta última se calculó como: $(\text{número de unidades de muestra en las que estuvo presente} / \text{número total de unidades de muestra}) \times 100$, para cada estación del año (Mateucchi & Colma, 1982).

En el laboratorio se registró bajo lupa binocular la presencia de individuos de *N. californicus*, de *T. urticae* y de otros ácaros e insectos presentes en cada sub-unidad de muestra (tres hojas o tres hojas y tres flores de cada especie vegetal). La frecuencia de aparición de *N. californicus* en cada planta se calculó como: $(\text{número de veces que estuvo presente en la planta} / \text{número total de veces que apareció dicha planta}) \times 100$.

Además de los dos muestreos descriptos anteriormente, algunas especies de la vegetación silvestre en los alrededores de los cultivos fueron revisadas esporádicamente para detectar la presencia del depredador y de su presa. Por otra parte, las especies arbóreas de bajo porte más comunes en los alrededores del predio también fueron ocasionalmente revisadas con el mismo objetivo.

Los individuos de *N. californicus* que fueron registrados en la vegetación silvestre fueron colocados en alcohol 70% y posteriormente identificados taxonómicamente para confirmar la especie.

Todas las plantas muestreadas fueron herborizadas utilizando las técnicas convencionales e identificadas taxonómicamente (Marzocca *et al.*, 1976). Cuando fue necesario se realizaron consultas con los especialistas del Herbario del Museo de Ciencias Naturales (UNLP) para su determinación. Se describieron las características estructurales y el patrón temporal de floración de cada planta silvestre para relacionarlo con la presencia de *N. californicus*.

Se analizó la relación entre la frecuencia de aparición de *N. californicus* y la de las especies vegetales en la vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla en cada estación, y la relación entre la frecuencia de *N. californicus* y la de *T. urticae* mediante regresiones lineales, previa transformación arcoseno de los datos. En la franja aledaña a los cultivos estos análisis no se pudieron realizar por el escaso número de datos obtenidos.

Para evaluar la asociación entre *N. californicus*, las especies de la vegetación silvestre y otros ácaros e insectos presentes durante el año, se agruparon los datos de toda la vegetación silvestre muestreada en las estaciones otoño-invierno y primavera-verano y se realizó un Análisis de correspondencia (AC) como prueba de ordenación (Salvador Figueras, 2003). La existencia de independencia se analizó mediante la prueba de χ^2 para medir las distancias entre lo observado y lo esperado, de acuerdo a la hipótesis nula de independencia.

4.3. Resultados

Cultivos

La figura 4.6 muestra una alta y similar riqueza de hábitat (cultivos) presente en las distintas estaciones del año. A su vez se observa que *T. urticae* se encontró en otoño, primavera y verano en más del 50% de los cultivos presentes, mientras que en invierno su presencia fue observada en el 33% de ellos. *Neoseiulus californicus* presentó una tendencia similar a su presa principal durante todas las estaciones del año, aunque fue registrado en un número menor de cultivos. Además se observa que la presa y el depredador coincidieron espacio-temporalmente, aunque en invierno y primavera *N. californicus* estuvo presente en un cultivo en el cual su presa principal no fue registrada.

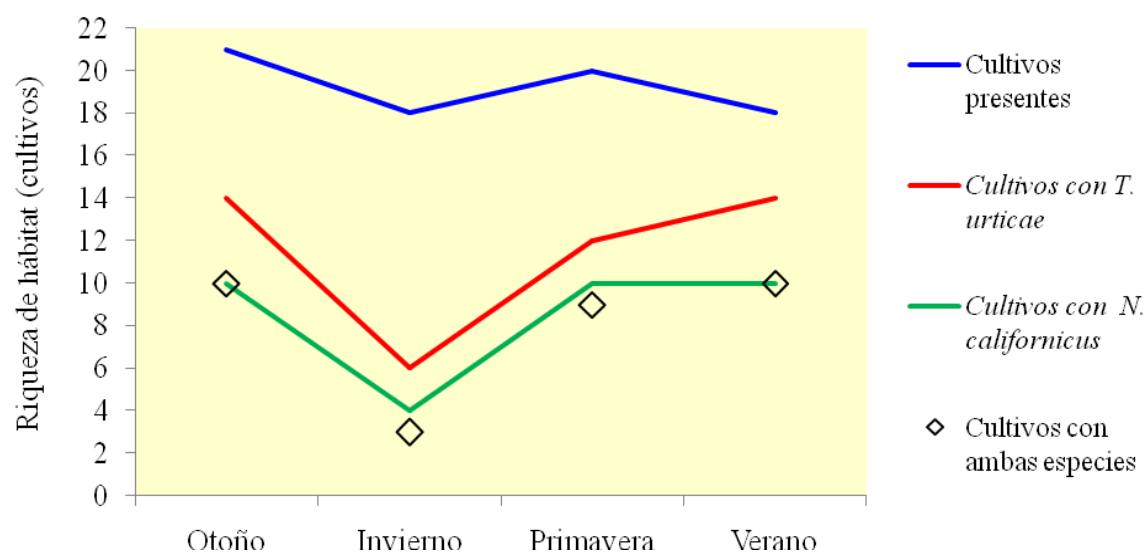


Figura 4.6. Número de cultivos presentes en predios del CHP en las distintas estaciones del año, y número de ellos con *Neoseiulus californicus*, con *Tetranychus urticae*, y con ambas especies.

En las tablas 4.2 y 4.3 se observa la frecuencia de aparición (%) de *N. californicus* y de *T. urticae* en los diferentes cultivos muestreados en las estaciones del año.

Tabla 4.2. Frecuencia de aparición (%) de *Neoseiulus californicus* y de *Tetranychus urticae* en los distintos cultivos muestreados en las estaciones de otoño e invierno.

Cultivo	Otoño		Invierno	
	(%) <i>T.urticae</i>	(%) <i>N. californicus</i>	(%) <i>T. urticae</i>	(%) <i>N. californicus</i>
Alcaucil	8,000	6,000	0,000	27,000
Lechuga	4,000	0,000	3,000	1,000
Radicchio	3,000	1,000	0,000	0,000
Apio	4,000	1,000	1,000	0,000
Perejil	0,000	0,000	0,000	0,000
Brocolí	0,000	0,000	0,000	0,000
Coliflor	5,000	0,000	0,000	0,000

Repollo	0,000	0,000	0,000	0,000
Repollito de Bruselas	-----	-----	0,000	0,000
Pepino	20,000	14,000	-----	-----
Zapallito	14,000	1,000	-----	-----
Haba	3,000	0,000	0,000	0,000
Cebolla de verdeo	0,000	0,000	0,000	0,000
Puerro	-----	-----	0,000	0,000
Maiz	33,000	4,000	-----	-----
Acelga	1,000	2,000	1,000	0,000
Espinaca	-----	-----	11,000	0,000
Remolacha	-----	-----	0,000	0,000
Frambuesa	49,000	12,000	4,000	2,000
Frutilla (lotes productivos)	43,000	6,000	84,000	34,000
Frutilla (lotes abandonados)	13,000	15,000	22,000	5,000
Berenjena	0,000	0,000	-----	-----
Pimiento	1,000	0,000	0,000	0,000
Tomate cherry	17,000	1,000	-----	-----
Tomate	0,000	0,000	-----	-----

Tabla 4.3. Frecuencia de aparición (%) de *Neoseiulus californicus* y de *Tetranychus urticae* en los distintos cultivos muestreados en las estaciones de primavera y verano.

Cultivo	Primavera		Verano	
	(%) <i>T.urticae</i>	(%) <i>N. californicus</i>	(%) <i>T. urticae</i>	(%) <i>N. californicus</i>
Alcaucil	0,140	12,045	2,242	9,417
Lechuga	10,000	9,412	1,667	0,000
Radicchio	-----	-----	-----	-----
Apio	10,952	6,190	0,000	0,000
Perejil	0,000	0,000	-----	-----
Brocolí	0,000	0,000	-----	-----
Coliflor	0,000	0,000	10,000	3,333
Repollo	0,000	0,000	0,000	0,000
Repollito de Bruselas	0,000	0,000	-----	-----
Pepino	100,000	53,333	90,000	60,000
Zapallito	3,333	1,667	16,194	3,441
Haba	4,444	0,556	46,667	6,667
Cebolla de verdeo	0,000	0,000	0,000	0,000
Puerro	0,000	4,444	-----	-----
Maiz	0,926	0,000	9,667	0,000
Acelga	0,833	0,000	12,593	8,148
Espinaca	-----	-----	-----	-----
Remolacha	1,111	1,111	0,000	0,000
Frambuesa	2,206	2,941	23,645	11,330
Frutilla (lotes productivos)	40,389	14,903	3,481	3,407

Frutilla (lotes abandonados)	-----	-----	3,333	6,667
Berenjena	-----	-----	17,917	10,417
Pimiento	2,000	0,000	3,333	0,000
Tomate cherry	-----	-----	3,333	6,667
Tomate	0,000	0,000	4,762	0,000

La frecuencia de aparición de *N. californicus* en los cultivos no se relacionó linealmente con la frecuencia de *T.urticae* en otoño e invierno, pero sí en primavera y verano (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Regresiones lineales entre la frecuencia de aparición de *Neoseiulus californicus* y la frecuencia de *Tetranychus urticae* en los cultivos del CHP, en las diferentes estaciones del año.

	Ecuación de regresión	R ²	P
Otoño	$y = 0,76 + 0,53x$	0,285	
Invierno	$y = 2,19 + 0,52x$	0,269	
Primavera	$y = 4,11 + 0,52x$	0,268	<0,001
Verano	$y = 3,33 + 0,43x$	0,183	<0,001

P indica la probabilidad de la pendiente de regresión.

En otoño, el análisis de correspondencia de los datos de frecuencia de aparición mostró que los dos primeros ejes aportaron un 48,51% y un 27,23% (acumulado= 75,75%) de la variabilidad de los datos. El primer eje separó los cultivos de frambuesa, maíz y tomate cherry del cultivo de frutilla abandonada y en menor medida de los cultivos de alcaucil, acelga y apio que conformaron un grupo de menor contribución a la variabilidad entre cultivos (Figura 4.7). El segundo eje separó a los cultivos de alcaucil, pepino, acelga y apio del cultivo de frutilla abandonada. Como se observa en la Figura 4.7, *N. californicus* estuvo asociado al cultivo de pepino. A su vez, *T. urticae* estuvo asociado a los cultivos de frambuesa, maíz y tomate cherry, los áfidos a los cultivos de alcaucil, acelga y apio, y las moscas blancas a los cultivos de frutilla, radicchio y zapallito. *Tydeus* spp. estuvo asociado a la frutilla abandonada.

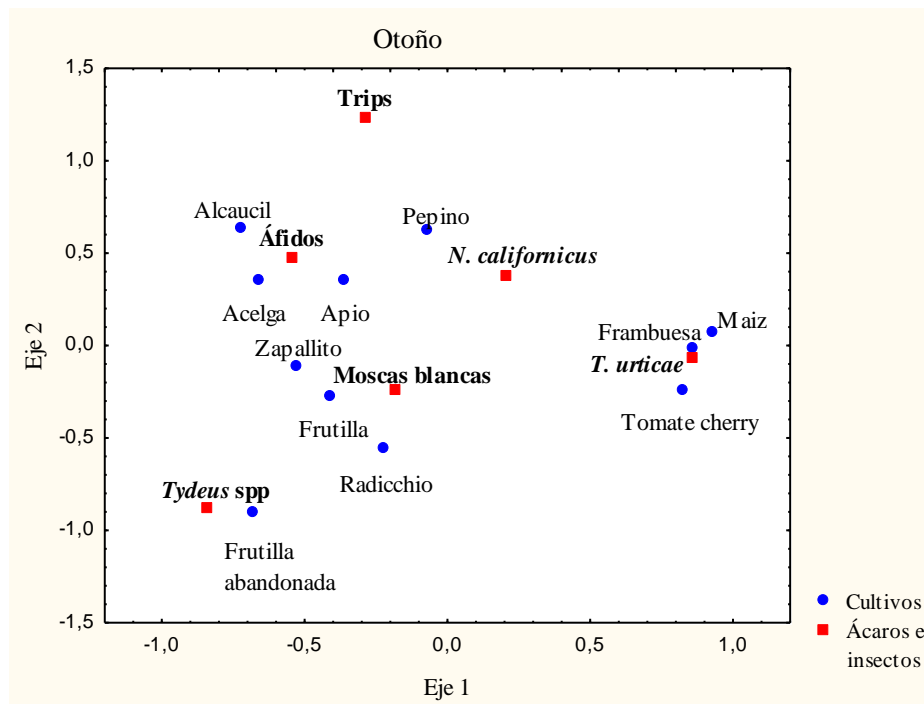


Figura 4.7. Análisis de correspondencia de la frecuencia de aparición de *Neoseiulus californicus*, ácaros e insectos, y cultivos registrados en otoño en el CHP.

En invierno, el análisis de correspondencia mostró que el eje 1 aportó el 56,87% y el eje 2 el 23,69% (acumulado= 80,57%) de la variabilidad. Los cultivos de frutilla, frutilla abandonada y frambuesa se separaron sobre el eje 1 del cultivo de lechuga. El segundo eje separó al grupo antes mencionado y el cultivo de lechuga del de alcaucil. *Neoseiulus californicus* mostró cierta asociación con el alcaucil, y los áfidos y los trips mostraron asociación con el alcaucil y la lechuga, respectivamente. *Tetranychus urticae*, las moscas blancas y *Tydeus* sp se asociaron a los cultivos de frutilla, frutilla abandonada y frambuesa (Figura 4.8).

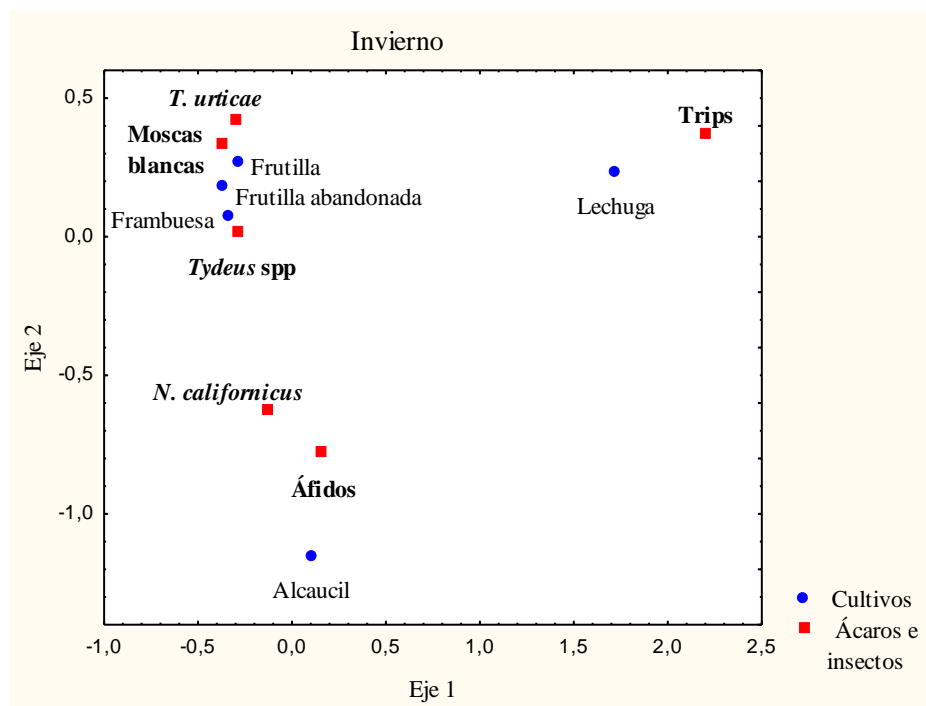


Figura 4.8. Análisis de correspondencia de la frecuencia de aparición de *Neoseiulus californicus*, ácaros e insectos, y cultivos registrados en invierno en el CHP.

En primavera, el análisis de correspondencia indicó que los ejes 1 y 2 aportaron un 50,21% y un 23,69% respectivamente de la variabilidad (acumulado= 75,05%). El primer eje separó al cultivo de alcaucil del de haba y pepino. El grupo formado por apio, frambuesa, frutilla y lechuga, por estar cerca del cruce de los ejes aportaron poca información. Sobre el eje 2, el cultivo de alcaucil se separó del zapallito. En cuanto a la asociación de los ácaros e insectos con los cultivos, se observa en la Figura 4.9 que *N. californicus* estuvo asociado con los cultivos de apio, frambuesa, pepino, frutilla y lechuga al igual que *T. urticae*. Por otra parte, el ácaro *Tydeus sp* estuvo asociado al alcaucil, los áfidos al cultivo de remolacha, los trips a los de haba y puerro, y las moscas blancas con el cultivo de zapallito y de puerro.

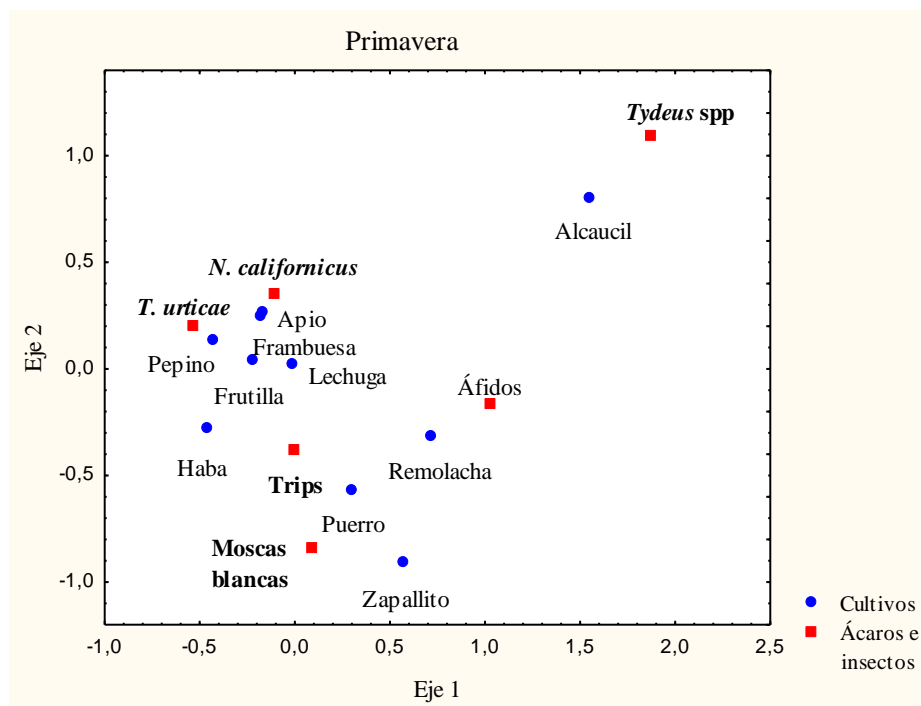


Figura 4.9. Análisis de correspondencia de la frecuencia de aparición de *Neoseiulus californicus*, ácaros e insectos, y cultivos registrados en primavera en el CHP.

En verano, en el análisis de correspondencia los dos primeros ejes explicaron un 69,75% de la variabilidad (eje 1= 38,99% y eje 2= 30,76). El primer eje separó los cultivos de pepino y frambuesa del de coliflor y de alcaucil. A lo largo del eje 2 se observó que la frutilla abandonada se alejó del cultivo de tomate cherry y los cultivos de frutilla y alcaucil explicaron en menor medida la variabilidad. Los cultivos de zapallito, berenjena, haba y acelga por su proximidad al cruce de los ejes no aportaron información importante a la variabilidad entre cultivos. *Neoseiulus californicus* estuvo asociado, junto a su presa, principalmente en los cultivos de acelga, pepino y frambuesa. Los áfidos estuvieron asociados al cultivo de coliflor y al de alcaucil, las moscas blancas al de tomate cherry, *Tydeus sp* a la frutilla abandonada y los trips a los cultivos de berenjena, acelga, haba y zapallito (Figura 4.10).

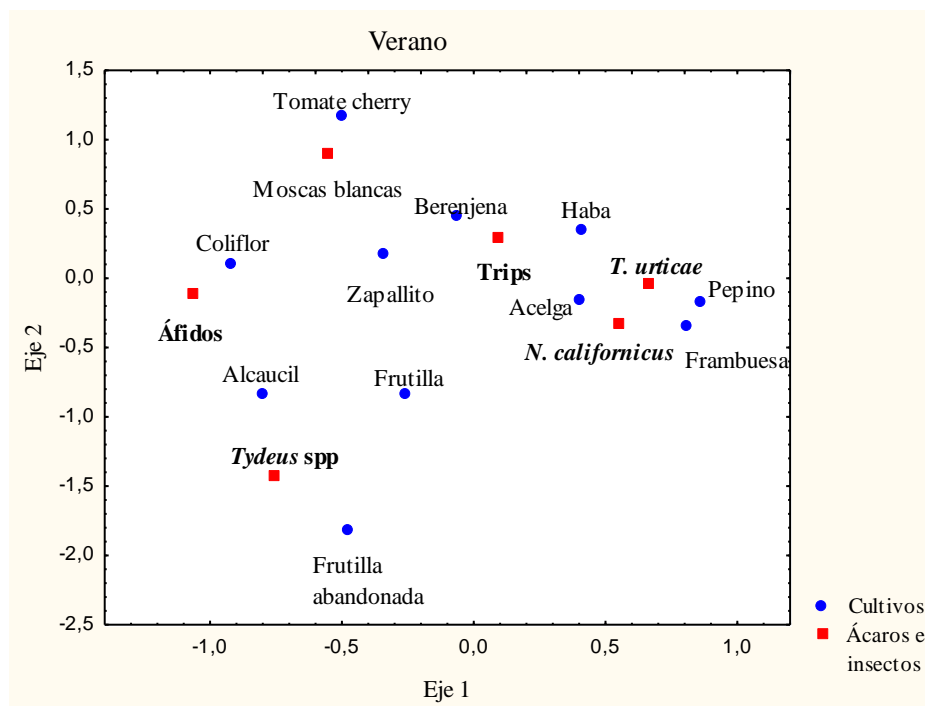


Figura 4.10. Análisis de correspondencia de la frecuencia de aparición de *Neoseiulus californicus*, ácaros e insectos, y cultivos registrados en verano en el CHP.

Vegetación silvestre

Frecuencia de aparición de las especies de la vegetación silvestre y de *N. californicus*.

Se registraron en total 63 especies de plantas en la vegetación silvestre de los predios hortícolas. En la vegetación adyacente a las plantas de frutilla o presente a los costados de los camellones, de las 49 especies identificadas, en otoño se registró una riqueza específica igual a 32 y *S. media*, *U. urens* y *P. oleracea* tuvieron una frecuencia mayor al 20%, siendo el resto muy poco frecuentes. En invierno, la riqueza fue de 24 especies y *C. dactylon*, *S. oleracea*, *S. media*, *C. didymus*, *E. pilosa* y *U. urens* tuvieron una frecuencia de aparición de entre el 30 y 60%, mientras que el resto de las especies vegetales fueron poco frecuentes (Tabla 4.5). En primavera, de las 24 especies registradas, *U. urens* y *S. oleracea* tuvieron la mayor frecuencia de aparición. En verano se registró la mayor riqueza específica, 34 especies, siendo *P. oleracea* una especie altamente frecuente, seguida por *E. crus-galli*. El resto de las especies tuvieron una baja frecuencia de aparición (Tabla 4.6).

Neoseiulus californicus fue registrado en 11 de las 49 especies de la vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla o presente a los costados de los camellones, a lo largo del año (Figura 4.11).





Figura 4.11. Especies vegetales silvestres adyacentes a las plantas de frutilla o presentes a los costados de los camellones, en las cuales se registró la presencia de *Neoseiulus californicus*.

A continuación se presenta una breve descripción de las mismas:

A. viridis: Hierba anual, glabra, de 30 a 60 cm de altura, con tallos ramificados, erguidos o decumbentes (formando matas de menos de 1 m de diámetro). Hojas ovadas u ovado-elípticas. Flores 3-4-meras, dispuestas en espigas o estrechas panículas terminales.

S. oleraceus: Hierba anual, erecta, glabra, latescente, de 0,30-1 m de altura. Capítulos dispuestos en cimas corimbiformes. Flores liguladas, amarillo pálidas.

T. officinale: Hierba perenne. No suele alcanzar los 40-50 cm. Hojas dispuestas en roseta, lóbulos en forma triangular y márgenes dentados, a veces presenta microvellosidades. Flores liguladas en capítulos amarillos, solitarios sobre largos pedúnculos.

C. arvensis: Hierba perenne, glabra. Tallos delgados, flexibles, rastreros y trepadores de 25 a 50 cm de largo. Hojas alternas y flores con corola color blanca solitarias o geminadas (ocasionalmente de a 3) sobre pedúnculos delgados.

D. fullonum: Hierba bienal de hasta 2 m de alto cuando madura. Tallos erectos, provistos de aguijones. Hojas basales, arrosetadas, grandes, agudas, dentadas y con aguijones. Inflorescencias en cabezuelas espinosas y cónicas. Flores de menos de 1 cm de longitud.

L. amplexicaule: Hierba anual, con tallos postrados glabros o sub-glabros, de 10-40 cm de alto. Hojas inferiores largamente pecioladas y las superiores opuestas, sésiles y abrazadoras.

A. cristata: Hierba anual, más o menos pubescentes, con tallos erectos, ascendentes de 0,30-1m de altura. Flores pequeñas y solitarias en las axilas de las hojas o agrupadas, con pedúnculos pubescentes.

E. crus-galli: Hierba anual, con cañas ascendentes, de 0,30-1,20 m de altura, glabras. Láminas de 15-30 cm de largo, también glabras. Flores casi sésiles, dispuestas en 3-4 hileras densamente agrupadas en un lado del raquis.

E. pilosa: Hierba anual con cañas de 8-45 cm de alto, erectas. Láminas planas, glabras en el envés con pocos tricomas cerca de la base.

P. aviculare: Hierba anual, herbácea, con tallos delgados, simples hasta muy ramificados, que comúnmente forman matas postradas de aproximadamente de 1 m de diámetro y de menos de 0,50 m de altura. Hojas lanceoladas, pequeñas, alternas y sésiles. Flores axilares, solitarias o agrupadas en glomérulos hasta de 5 flores, pequeñas (menos de 2mm de largo).

U. urens: Hierba anual, con pelos urticantes, de tallos únicos o ramificados desde la base de 15-50 cm de altura. Flores unisexuales 4-meras, en grupos axilares densos.

La frecuencia de aparición de *N. californicus* no estuvo relacionada con la frecuencia de estas especies vegetales (Tablas 4.5, 4.6 y 4.7). En el otoño, este depredador estuvo presente en *S. oleraceus*, *D. fullonum* y *A. cristata* con una frecuencia variable, siendo también variable la frecuencia de estas plantas. En invierno se registró en *L. amplexicaule*, *E. pilosa* y *U. urens*, en la primera con mayor frecuencia. En primavera *N. californicus* se registró en seis especies, *A. viridis*, *S. oleraceus*, *D. fullonum*, *E. crus-galli*, *P. aviculare* y *U. urens*, con frecuencia variable. En verano, *N. californicus* se registró en tres especies vegetales muy poco frecuentes, *A. viridis*, *T. officinale*, *C. arvensis* y *E. crus-galli*, con frecuencias bajas y variables.

Tabla 4.5. Frecuencia de aparición (%) de las especies de vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla, y de *N. californicus*, en el CHP en otoño e invierno.

Familia	Especie vegetal	Otoño		Invierno	
		(%) especie vegetal	(%) <i>N. californicus</i>	(%) especie vegetal	(%) <i>N. californicus</i>
Alliaceae	<i>Nothoscordum inodorum</i> (Ait) Nichols	0,990	0,000	-----	-----
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i> L.	2,970	0,000	-----	-----
Asteraceae	<i>Anthemis cotula</i> L.	3,977	0,000	12,048	0,000
	<i>Baccharis coridifolia</i> DC.	3,960	0,000	11,111	0,000
	<i>Braccharis trímera</i> (Less) DC.	0,990	0,000	-----	-----
	<i>Carduus acanthoides</i> L.	2,174	0,000	-----	-----
	<i>Coniza</i> sp	-----	-----	-----	-----
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	6,884	0,000	1,587	0,000
	<i>Picris echioides</i> L.	1,087	0,000	1,754	0,000

	<i>Senecio vulgaris</i> L.	4,348	0,000	9,167	0,000
	<i>Sonchus Oleraceus</i> L.	22,101	1,370	42,143	0,000
	<i>Taraxacum officinale</i> Web.	15,819	0,000	5,000	0,000
	<i>Vernonia platensis</i> (Spreng) Less.	-----	-----	-----	-----
	<i>Wedelia glauca</i> (Oct.) Hoffmann.	-----	-----	-----	-----
Boraginaceae	<i>Echium plantagineunm</i> L.	-----	-----	-----	-----
Brassicaceae	<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Medicus.	0,725	0,000	2,143	0,000
	<i>Coronopus didymus</i> Sm.	7,609	0,000	39,167	0,000
	<i>Rapahnus sp</i>	-----	-----	1,587	0,000
Cariophyllaceae	<i>Stellaria Media</i> (L.) Villars	36,842	0,000	41,429	0,000
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	4,348	0,000	-----	-----
Cyperaceae	<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	-----	-----	-----	-----
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	11,594	0,000	14,286	0,000
Dipsacaceae	<i>Dipsacus fullonum</i> L.	0,990	100,000	3,175	0,000
Fabaceae	<i>Lotus sp</i>	0,990	0,000	1,587	0,000
	<i>Medicago polimorpha</i> L.	-----	-----	-----	-----

	<i>Trifolium repens</i> L.	8,416	0,000	4,167	0,000
Gentianaceae	<i>Centaurum pulchellum</i> (Sw.) Druce	-----	-----	-----	-----
Geraniaceae	<i>Geranium molle</i> L.	1,980	0,000	-----	-----
Lamiaceae	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	1,316	0,000	1,754	100,000
	<i>Thymus sp</i>	-----	-----	-----	-----
Malvaceae	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlecht.	2,970	33,333	-----	-----
Oxalidaceae	<i>Oxalis sp</i>	0,990	0,000	-----	-----
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	-----	-----	-----	-----
Poaceae	<i>Bromus unioloides</i> H.B.K.	-----	-----	-----	-----
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	1,130	0,000	60,000	0,000
	<i>Echinocloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	9,058	0,000	3,175	0,000
	<i>Eragrostis pilosa</i>	12,429	0,000	39,286	1,818
	<i>Eragrostis virescens</i> Presl.	1,316	0,000	13,333	0,000
	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	-----	-----	-----	-----
	<i>Poa sp</i>	-----	-----	-----	-----
	<i>Paspalum unvillei</i> Steud	-----	-----	-----	-----
	<i>Paspalum dilatatum</i> Poir	-----	-----	-----	-----

Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	1,980	0,000	2,500	0,000
	<i>Rumex crispus</i> L.	0,990	0,000	3,509	0,000
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	27,174	0,000	-----	-----
Solanaceae	<i>Datura sp</i>	0,990	0,000	-----	-----
	<i>Solanum sp</i>	-----	-----	-----	-----
Urticaceae	<i>Urtica urens</i> L.	29,710	0,000	34,286	4,167
Verbenaceae	<i>Verbena sp</i>	-----	-----	1,754	0,000

Tabla 4.6. Frecuencia de aparición (%) de las especies de vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla, y de *N. californicus*, en el CHP en primavera y verano.

Familia	Especie vegetal	Primavera		Verano	
		(%) especie vegetal	(%) <i>N. californicus</i>	(%) especie vegetal	(%) <i>N. californicus</i>
Alliaceae	<i>Nothoscordum inodorum</i> (Ait) Nichols	-----	-----	-----	-----
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i> L.	8,140	14,286	4,280	7,692
Asteraceae	<i>Anthemis cotula</i> L.	7,456	0,000	2,335	0,000
	<i>Baccharis coridifolia</i> DC.	-----	-----	-----	-----
	<i>Baccharis trómera</i> (Less) DC.	-----	-----	2,724	0,000
	<i>Carduus acanthoides</i> L.	-----	-----	-----	-----
	<i>Coniza sp</i>	-----	-----	1,136	0,000

	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	5,263	0,000	1,136	0,000
	<i>Picris echioides</i> L.	6,977	0,000	2,273	0,000
	<i>Senecio vulgaris</i> L.	4,930	0,000	1,695	0,000
	<i>Sonchus Oleraceus</i> L.	24,123	1,818	23,346	0,000
	<i>Taraxacum officinale</i> Web.	-----	-----	2,381	4,167
	<i>Vernonia platensis</i> (Spreng) Less.	-----	-----	1,136	0,000
	<i>Wedelia glauca</i> (Oct.) Hoffmann.	-----	-----	1,136	0,000
Boraginaceae	<i>Echium plantagineunm</i> L.	1,163	0,000	-----	-----
Brassicaceae	<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Medicus.	7,018	0,000	3,409	0,000
	<i>Coronopus didimus</i> Sm.	19,737	0,000	2,994	0,000
	<i>Rapahnus sp</i>	-----	-----	-----	-----
Cariophyllaceae	<i>Stellaria Media</i> (L.) Villars	5,702	0,000	2,260	0,000
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	5,195	0,000	13,690	8,696
Cyperaceae	<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	-----	-----	1,183	0,000
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	-----	-----	6,548	0,000
Dipsacaceae	<i>Dipsacus fullonum</i> L.	1,471	100,000	-----	-----

Fabaceae	<i>Lotus sp</i>	-----	-----	-----	-----
	<i>Medicago polimorpha</i> L.	1,351	0,000	1,136	0,000
	<i>Trifolium repens</i> L.	10,526	0,000	1,786	0,000
Gentianaceae	<i>Centaurum pulchellum</i> (Sw.) Druce	1,163	0,000	-----	-----
Geraniaceae	<i>Geranium molle</i> L.	-----	-----	-----	-----
Lamiaceae	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	-----	-----	-----	-----
	<i>Thymus sp</i>	1,163	0,000	-----	-----
Malvaceae	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlecht.	-----	-----	-----	-----
Oxalidaceae	<i>Oxalis sp</i>	-----	-----	4,494	0,000
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	-----	-----	4,494	0,000
Poaceae	<i>Bromus unioloides</i> H.B.K.	-----	-----	-----	-----
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	-----	-----	1,130	0,000
	<i>Echinocloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	4,651	25,000	30,739	1,266
	<i>Eragrostis pilosa</i>	1,163	0,000	3,390	0,000
	<i>Eragrostis virescens</i> Presl.	2,326	0,000	1,786	0,000
	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	-----	-----	1,124	0,000

	<i>Poa sp</i>	12,162	0,000	-----	-----
	<i>Paspalum unvillei</i> Steud	-----	-----	1,266	0,000
	<i>Paspalum dilatatum</i> Poir	-----	-----	11,364	0,000
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	8,824	8,333	4,545	0,000
	<i>Rumex crispus</i> L.	-----	-----	-----	-----
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	-----	-----	76,654	0,000
Solanaceae	<i>Datura sp</i>	-----	-----	1,266	0,000
	<i>Solanum sp</i>	-----	-----	-----	-----
Urticaceae	<i>Urtica urens</i> L.	42,982	3,061	16,342	0,000
Verbenaceae	<i>Verbena sp</i>	-----	-----	-----	-----

Tabla 4.7. Regresiones lineales entre la frecuencia de aparición de *Neoseiulus californicus* (y) y la de las especies de la vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla (x), en las diferentes estaciones del año.

	Ecuación de regresión	R ²	P
Vegetación adyacente a las plantas de frutilla			
Otoño	y= 2,85-0,01x	0,0001	
Invierno	y=1,84+0,04x	0,002	
Primavera	y=1,71+0,02x	0,025	
Verano	y=0,386+0,229	0,0	

En la franja de vegetación silvestre aledaña a los cultivos, se registraron 21 especies vegetales (Tablas 4.8 y 4.9). En invierno de las 9 especies vegetales registradas, *G. officinalis*, *A. fatua*, *B. unioides* y *P. dilatatum* fueron las más frecuentes. En primavera la riqueza fue

de 14 especies, siendo las más comunes *C. arvensis*, *D. fullonum*, *G. officinalis*, *B. unioides*, y *L. multiflorum* (Tabla 4.8). En verano la riqueza específica fue igual a 13, *C. arvensis*, *G. officinalis* y *B. unioides* fueron las especies más representadas (Tabla 4.9). *Neoseiulus californicus* fue registrado en esta franja de vegetación silvestre en primavera y en verano en cuatro especies (Figura 4.12). En verano, *N. californicus* se encontró con mayor frecuencia en *C. arvensis* (muy frecuente) y en *M. alba* (poco frecuente).

Las especies registradas en la vegetación silvestre muestreada esporádicamente alrededor de los cultivos fueron: Fam. Amaranthaceae: *Amaranthus viridis*; Fam. Apiaceae: *Apium leptophyllum*; Fam. Asteraceae: *Anthemis cotula*, *Baccharis coridifolia*, *Carduus acanthoides*, *Carthamus lanatus*, *Picris echinoides* y *Wedelia glauca*; Fam. Boraginaceae: *Echium plantagineum*; Fam. Dipsacaceae: *Dipsacus fullonum*; Fam. Fabaceae: *Cajanus cajan*, *Gleditsia triachantos* y *Parkinsonia aculeata*; Fam. Moraceae: *Morus alba*; Fam. Poaceae: *Eragrostis pilosa* y *Stipa hyalina*, y Fam. Verbenaceae: *Lantana camara*.

Se registró a *N. californicus* en invierno sobre *A. viridis* y *D. fullonum*, y en *P. echinoides* en primavera (Figura 4.12).



Figura 4.12. Especies vegetales silvestres aledañas a los cultivos y aquellas muestreadas esporádicamente en los alrededores de los cultivos, en las cuales se registró la presencia de *Neoseiulus californicus*.

Estas plantas se caracterizan brevemente a continuación:

G. officinalis: Planta herbácea perenne que alcanza los 0,70-1m de altura. Tallo erecto. Hojas compuestas de foliolos lanceolados. Las flores presentan crecimiento axilar y forman largos racimos.

L. multiflorum: Hierba anual o bienal, de cañas erguidas, de 0,30-1,05 m de altura. Láminas de 10-20 cm de largo. Espigas dísticas y espiguillas de 3-20 floras, sésiles y alternas.

M. alba: Árbol caducifolio que no suelen pasar los 15m de altura. Presenta hojas anchas, alternas, enteras o lobuladas y márgenes dentados. Posee pequeñas flores que crecen formando espigas alargadas y comprimidas.

P. echioides: Hierba anual, tallo ramificado de hasta 60 cm de altura. Hojas con indumento constituido por pelos en formas de garfios. Flores liguladas, en capítulos axilares agrupados hacia el extremo de las ramas.

Tabla 4.8. Frecuencia de aparición (%) de especies vegetales silvestres aledañas a los cultivos, y de *Neoseiulus californicus*, en el CHP en invierno y primavera.

Familia	Especie vegetal	Invierno		Primavera	
		(%) especie vegetal	(%) <i>N. californicus</i>	(%) especie vegetal	(%) <i>N. californicus</i>
Asteraceae	<i>Arctium minus</i> (Hill.) Bernh	-----	-----	-----	-----
	<i>Baccharis coridifolia</i> DC.	-----	-----	5,000	0,000
	<i>Carduus acanthoides</i> L.	5,714	0,000	15,000	0,000
	<i>Carthamus lanatus</i> L.	5,000	0,000	10,000	0,000
	<i>Pricris echioides</i> L.	-----	-----	-----	-----
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	-----	-----	10,526	0,000
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus</i> Sm.	-----	-----	5,128	0,000

Cariophyllaceae	<i>Stellaria media</i> (L.) Villars	-----	-----	7,692	0,000
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	-----	-----	41,026	0,000
Dipsacaceae	<i>Dipsacus fullonum</i> L.	-----	-----	32,203	0,000
Fabaceae	<i>Galega officinalis</i> L.	30,909	0,000	49,153	3,390
Moraceae	<i>Morus alba</i> L.	-----	-----	-----	-----
Poaceae	<i>Avena fatua</i> L.	46,667	0,000	5,128	0,000
	<i>Bromus unioloides</i> H.B.K	25,714	0,000	27,119	0,000
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	5,714	0,000	-----	-----
	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	-----	-----	70,000	21,429
	<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.	25,000	0,000	-----	-----
	<i>Stipa hyalina</i> Nees.	-----	-----	10,000	-----
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	-----	-----	-----	-----
	<i>Rumex crispus</i> L.	5,000	0,000	-----	-----
Verbenaceae	<i>Verbena sp</i>	15,000	0,000	12,821	0,000

Tabla 4.9. Frecuencia de aparición (%) de especies vegetales silvestres aledañas a los cultivos, y de *Neoseiulus californicus*, en el CHP en verano.

Familia	Especie vegetal	Verano	
		(%) especie vegetal	(%) <i>N. californicus</i>
Asteraceae	<i>Arctium minus</i> (Hill.) Bernh	5,000	0,000
	<i>Baccharis coridifolia</i> DC.	5,000	0,000
	<i>Carduus acanthoides</i> L.	-----	-----
	<i>Carthamus lanatus</i> L.	-----	-----
	<i>Pricris echioides</i> L.	5,000	0,000
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	-----	-----
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus</i> Sm.	-----	-----
Cariophyllaceae	<i>Stellaria media</i> (L.) Villars	-----	-----
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	75,000	16,279
Dipsacaceae	<i>Dipsacus fullonum</i> L.	5,000	0,000
Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	61,667	0,000
Moraceae	<i>Morus alba</i> L.	5,000	50,000
Poaceae	<i>Avena fatua</i> L.	15,000	0,000
	<i>Bromus unioloides</i> H.B.K	31,667	0,000

	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	-----	-----
	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	20,000	0,000
	<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.	5,000	0,000
	<i>Stipa hyalina</i> Nees.	-----	-----
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	5,000	0,000
	<i>Rumex crispus</i> L.	-----	-----
Verbenaceae	<i>Verbena sp.</i>	5,000	0,000

Presencia de *N. californicus* y de *T. urticae* en las especies vegetales silvestres en que se registró y estación del año en que florecen.

En la Figura 4.13 puede observarse que en 6 de las 11 especies vegetales adyacentes a las plantas de frutilla en las que se encontró a *N. californicus* se registró también a su presa principal, *T. urticae*. Ellas fueron *U. urens*, *E. crus-galli*, *L. amplexicaule*, *D. fullonum*, *C. arvensis* y *A. viridis*. Se encontró una relación lineal entre la frecuencia de aparición del depredador y la de su presa en otoño e invierno (Tabla 4.12). En las restantes plantas, *T. urticae* estuvo ausente (Tabla 4.10), por lo que la presencia del depredador podría deberse a la disponibilidad de polen como alimento alternativo, ya que las mismas estaban en floración, a excepción de *U. urens* y *D. fullonum* en primavera, que no presentaron *T. urticae* y tampoco estaban en floración.

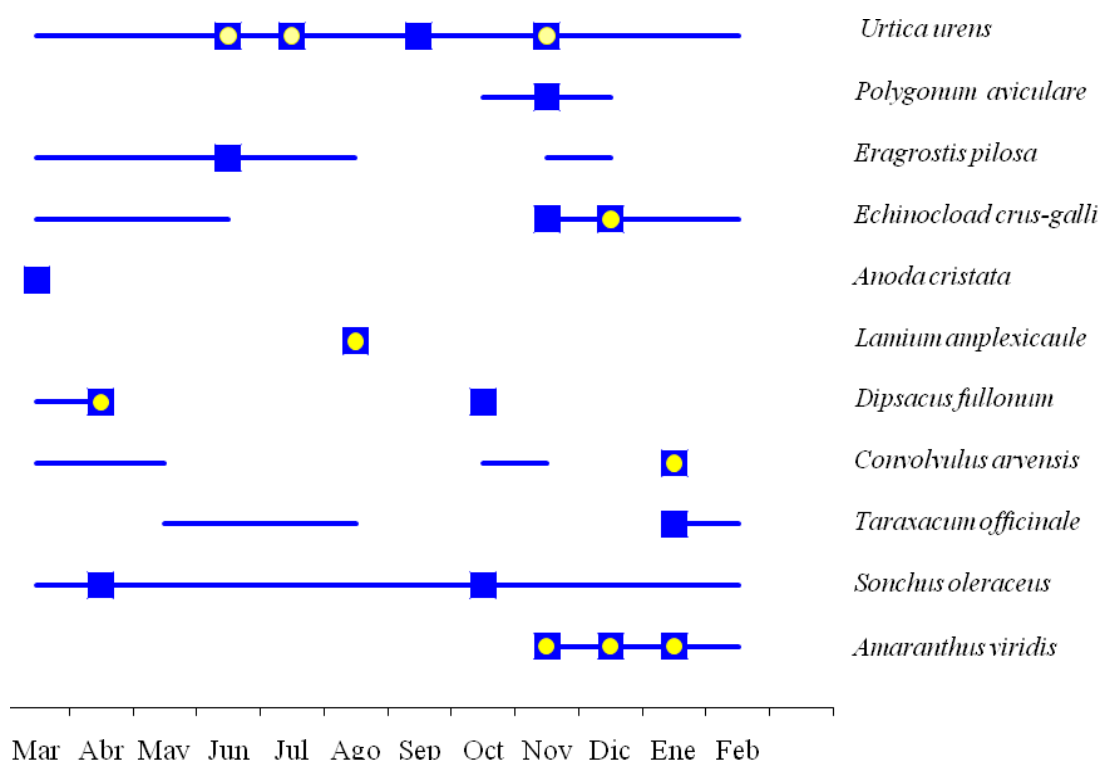


Figura 4.13. Presencia de *Neoseiulus californicus* en especies de vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla en predios hortícolas del CHP a lo largo del año. Línea azul: presencia de la planta, cuadrados azules: presencia de *Neoseiulus californicus*, círculos amarillos: presencia de *Tetranychus urticae*.

Tabla 4.10. Regresiones lineales entre la frecuencia de aparición de *Neoseiulus californicus* (y) y la de su presa principal, *Tetranychus urticae* (x), en la vegetación silvestre en los predios del CHP, en las diferentes estaciones del año.

	Ecuación de regresión	R ²	P
Vegetación adyacente a las plantas de frutilla			
Otoño	$y = 0,41 + 0,59x$	0,358	<0,001
Invierno	$y = -0,31 + 0,80x$	0,648	<0,001
Primavera	$y = 1,71 + 0,17x$	0,030	
Verano	$y = 0,94 + 0,10x$	0,009	

Tabla 4.11. Estado fenológico de las especies de vegetación silvestre adyacentes a las plantas de frutilla donde fue registrado *Neoseiulus californicus*.

Nombre científico	Floración	Estado fenológico en el que se registró <i>N. californicus</i>
<i>Amaranthus viridis</i>	Primavera a otoño	Reproductivo
<i>Sonchus oleraceus</i>	Otoño a primavera	Reproductivo
<i>Taraxacum officinale</i>	Otoño a primavera	Reproductivo
<i>Convolvulus arvensis</i>	Verano	Reproductivo
<i>Dipsacus fullonum</i>	Verano	Vegetativa
<i>Lamium amplexicaule</i>	Otoño a primavera	Reproductiva
<i>Anoda cristata</i>	Verano a otoño	Reproductivo
<i>Echinocloa crusgalli</i>	Verano	Reproductivo
<i>Eragrostis pilosa</i>	Otoño	Reproductivo
<i>Polygonum aviculare</i>	Primavera y verano	Reproductivo
<i>Urtica urens</i>	Otoño a primavera	Reproductivo y vegetativo

En la vegetación silvestre aledaña a los cultivos, *N. californicus* estuvo junto a *T. urticae* en las mismas especies en que fue registrado en verano (Figura 4.12). En las dos plantas en las que se lo encontró en primavera en cambio *T. urticae* no estuvo presente, pero ambas se encontraban en estado reproductivo (Tabla 4.12).

En la vegetación muestreada esporádicamente este depredador se registró junto a su presa *T. urticae* en *D. fullonum*, *P. echioides* (Figura 4.14). En *A. viridis*, donde su presa principal estuvo ausente, su presencia podría deberse al estado fenológico reproductivo de la planta, pudiendo ser el polen un alimento alternativo (Tabla 4.12).

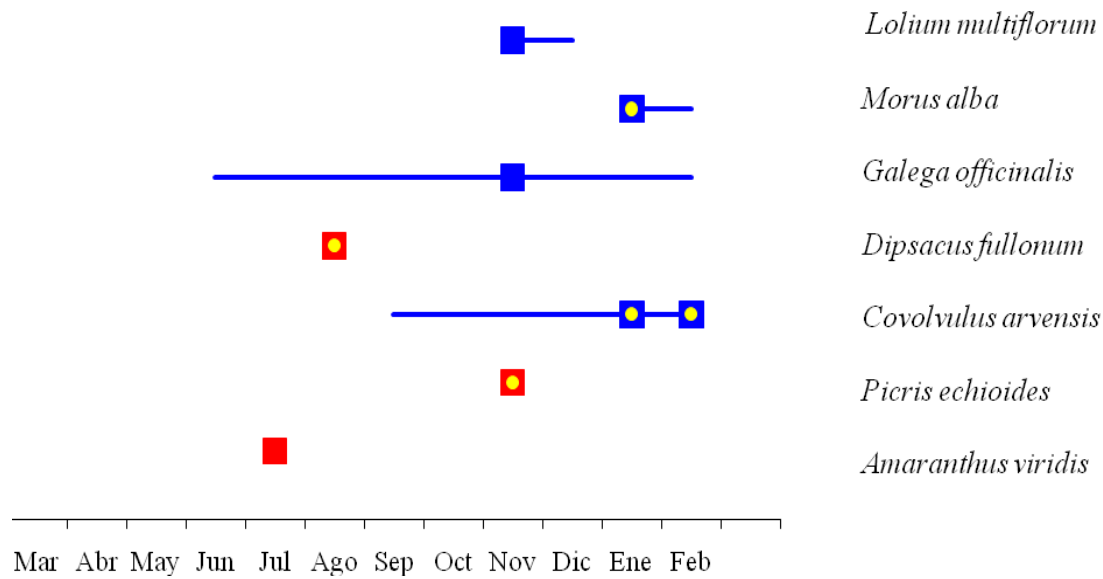


Figura 4.14. Presencia de *Neoseiulus californicus* en especies de vegetación silvestre correspondiente a la franja de vegetación aledaña a los cultivos, y en los alrededores de los cultivos en predios del Cinturón Hortícola Platense a lo largo del año. Línea azul: presencia de la planta, cuadrados azules: presencia de *N. californicus* en franja de vegetación natural, cuadrados rojos: vegetación silvestre en los alrededores de los cultivos, círculos amarillos: presencia de *Tetranychus urticae*.

Tabla 4.12. Estado fenológico de las especies vegetales de la franja aledaña a parcelas de cultivos, y muestreadas esporádicamente*, en el que fue registrado *Neoseiulus californicus*.

Nombre científico	Floración	Estado fenológico en el que se registró <i>N. californicus</i>
<i>Amaranthus viridis</i> *	Primavera a otoño	Reproductivo
<i>Picris echioides</i> *	Otoño a primavera	Reproductivo

<i>Convolvulus arvensis</i>	Verano	Reproductivo
<i>Dipsacus fullonum*</i>	Verano	Vegetativo
<i>Galega officinalis</i>	Primavera verano	Reproductivo
<i>Morus alba</i>	Primavera	Vegetativo
<i>Lolium multiflorum</i>	Primavera	Reproductivo

El análisis de correspondencia entre *N. californicus*, las especies de la vegetación silvestre y otros ácaros e insectos presentes durante el año en las estaciones de otoño e invierno mostró que el eje 1 aportó el 76,65% y el eje 2 aportó el 14,43 (inercia acumulada= 91,08%) de la variabilidad de los datos (Figura 4.15). El eje 1 separó a *A. cristata* y *L. amplexicaule* de *U. urens* y *S. oleraceus*. El eje 2 separó a *L. amplexicaule* de *A. cristata*. *Neoseiulus californicus* presentó una débil asociación con *D. fullonum* y *T. urticae* con *L. amplexicaule*. Por otra parte, las moscas blancas, los trips, los áfidos y el ácaro *Tydeus* sp presentaron una fuerte asociación con *S. oleraceus* y *U. urens*.

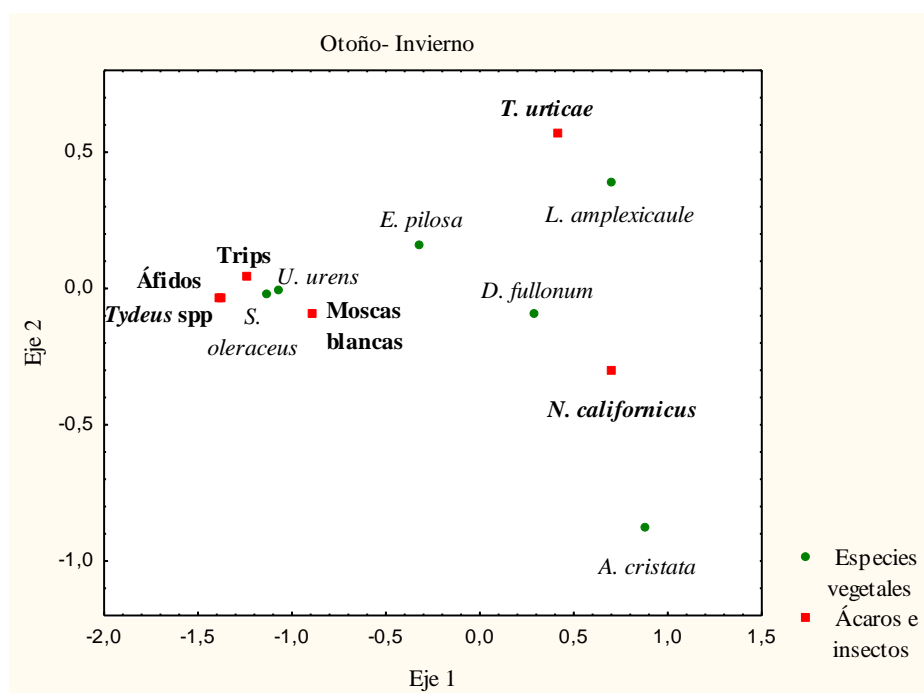


Figura 4.15. Análisis de correspondencia entre la frecuencia de *Neoseiulus californicus*, ácaros e insectos, y especies vegetales silvestres registrados en otoño- invierno en el CHP.

En el análisis de correspondencia de los datos de primavera-verano, los dos primeros ejes aportaron un 75,15% en la variabilidad de los datos (eje 1= 55,57 y eje 2= 19,57). El eje 1 separó a *E. crus-galli* y *D. fullonum* de *M. alba*, *G.officinalis*, *C. arvensis*, *T. officinale* y *L. multiflorum*. El eje 2 separó a *P. aviculare* de *D. fullonum* y en menor medida de *E. crus-galli*. Como se observa en la Figura 4.16., *N. californicus* no mostró asociación con ninguna de las especies vegetales y se ubicó próximo al cruce de los ejes. *T. urticae* se asoció con *C. arvensis* y los trips con *T. officinale*. El ácaro *Tydeus* spp se asoció con *D. fullonum* mientras que los áfidos se asociaron con *S. oleraceus*. Las moscas blancas no se asociaron con ninguna especie vegetal.

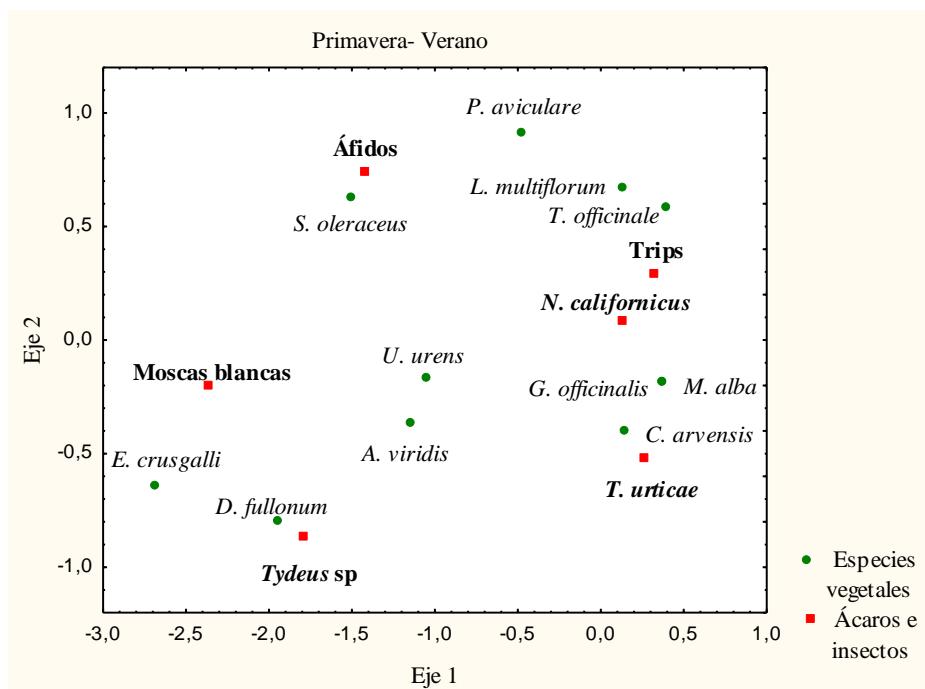


Figura 4.16. Análisis de correspondencia entre la frecuencia de *Neoseiulus californicus*, ácaros e insectos, y especies vegetales silvestres registrados en primavera-verano en el CHP.

Discusión

Neoseiulus californicus estuvo presente en distintos cultivos durante todo el año en los predios del CHP. La riqueza de cultivos fue alta y similar en todas las estaciones y este depredador se encontró entre el 61 y el 28 % de los mismos correspondiendo el porcentaje más bajo al invierno. Escudero & Ferragut (1999) encontraron una rica fauna de fitoseidos en

cultivos hortícolas del litoral mediterráneo español, siendo *N. californicus* el depredador más destacado y al igual que en este estudio, su presencia fue menor en invierno.

Su frecuencia de aparición en los cultivos no se relacionó linealmente con la frecuencia de aparición de su presa principal en otoño e invierno, ya que en cultivos como el alcaucil donde fue muy frecuente, su presa estuvo ausente o su presencia fue muy baja, mientras que en maíz, zapallito y tomate cherry fue muy poco frecuente y su presa estuvo presente en un alto porcentaje de las unidades de muestra. Escudero & Ferragut (1999) encontraron que en estas estaciones la relación con su presa fue variable.

En otoño e invierno, en comparación con primavera y verano, *N. californicus* no presentó una fuerte asociación con ningún cultivo aunque en varios de ellos estuvo presente. En otoño los cultivos que lo alojaron fueron principalmente pepino, frambuesa, maíz, frutilla y alcaucil, mientras que en invierno, los más relevantes para su presencia fueron frutilla y alcaucil, aunque solo en el cultivo de frutilla (lotes productivos y abandonados) se lo encontró con su presa. En el cultivo de alcaucil la presencia de *N. californicus* podría relacionarse con el “honeydew” producido por los áfidos como fuente de alimento alternativo (Wäckers *et al.*, 2008). Además este cultivo podría proporcionarle refugio ya que la estructura densa del cultivo sumado a la morfología de las hojas (grandes, pilosas y gruesas) podría proporcionar un microclima favorable para permanecer durante condiciones climáticas adversas.

En primavera y verano, además de registrarse a *N. californicus* en un número mayor de cultivos, su frecuencia de aparición también fue mayor y relacionada linealmente con la de *T. urticae*. Existió asociación con los cultivos de apio, frambuesa, pepino, frutilla y lechuga. En verano, *N. californicus* estuvo junto a su presa, asociado a los cultivos de acelga, pepino y frambuesa. Los otros ácaros e insectos registrados, estuvieron asociados a otros cultivos. En los cultivos de pepino y frambuesa, en particular en el primero, la frecuencia de aparición de *T. urticae* fue muy alta, por lo cual su cercanía al cultivo de frutilla podría constituir una fuente de dispersión hacia el mismo.

En los cultivos de frutilla, frambuesa y alcaucil, que estuvieron presentes durante todo el año, se registró al depredador en todas las estaciones. El cultivo de frambuesa alojó a *N. californicus* durante todo el año, junto a su presa y el cultivo de alcaucil lo alojó en ausencia de su presa principal, en el invierno.

El cultivo de alcaucil representaría un hábitat propicio para la permanencia de *N. californicus*, y la cercanía al cultivo de frutilla podría favorecer la colonización temprana del mismo cuando la plaga aún se encuentra a bajas densidades. A su vez, el áfido registrado en el alcaucil, *Capitophorus eleagni* (Del Guercio) es específico de ese cultivo, por lo cual no

existiría riesgo para el cultivo de frutilla. Por lo tanto, el rol que desempeña el alcaucil en la conservación de las poblaciones de *N. californicus* merece ser investigado en mayor profundidad, para ser tenido en cuenta en el CB por conservación a través de la manipulación del hábitat.

En las distintas estaciones del año los EN pueden verse limitados por la disponibilidad de su presa principal, por lo cual deben encontrar otros recursos para su supervivencia, como alimentos alternativos u otras presas y sitios o refugios para pasar el invierno (Ferro & Neil, 1998). Estos recursos pueden encontrarse, tanto en otros cultivos distintos al de interés para controlar a la plaga, como en la vegetación silvestre dentro de los predios hortícolas (Escudero *et al.*, 1999).

Neoseiulus californicus fue registrado a lo largo de todo el año en distintas especies de la vegetación silvestre del CHP. Estuvo presente en 15 de las 63 especies colectadas en los predios. La presencia de este depredador en plantas silvestres coincide con lo encontrado por varios autores en otros sistemas agrícolas (De Moraes *et al.*, 1993; Escudero & Ferragut, 1999; Escudero *et al.*, 1999; Ferla *et al.*, 2007).

La frecuencia de aparición de *N. californicus* no estuvo relacionada linealmente con la frecuencia de dichas especies, pero en otoño y en invierno se relacionó con su presa principal, y además, en general, su presencia coincidió con la floración de las plantas. Esto sugiere que el polen de *A. viridis*, *S. oleraceus*, *T. officinale*, *C. arvensis*, *L. amplexicaule*, *A. cristata*, *E. crus-galli*, *E. pilosa*, *P. aviculare*, *L. multiflorum*, *G. officinale*, *P. echinoides* y *U. urens* podría ser un alimento alternativo para este depredador. Además, su asociación con los trips en primavera-verano sugiere que este puede ser un alimento alternativo, ya que se conoce que forman parte de su dieta (McMurtry & Croft, 1997; Makoto *et al.*, 2005).

La presencia de *N. californicus* en *C. arvensis*, *S. oleraceus*, *U. urens* y *A. viridis*, coincide con Escudero *et al.*, (1999) quienes también registraron a este y otros fitoseidos en estas especies y otras emparentadas. Además, estos autores observaron que en *P. oleracea* no se observó ningún depredador, al igual que en este estudio, a pesar de tener esta planta una alta frecuencia de aparición en verano y otoño. La presencia de fitoseidos en *S. oleraceus* adyacente a las plantas de frutilla también fue registrada por Ferla *et al.* (2007). En esta investigación, la presencia de *N. californicus* en *S. oleraceus* en primavera coincidió con el estado de floración, por lo que el polen podría también constituir un recurso alimenticio, ya que su presa preferida no fue registrada en esta planta. Sin embargo, considerando que en la misma estación del año, la frecuencia de *S. oleraceus* estuvo asociada con la frecuencia de áfidos no sería aconsejable el mantenimiento de la misma en los predios.

El polen de *U. urens*, en floración en los meses de otoño- invierno, podría también ser un recurso alimenticio alternativo para *N. californicus*, además de registrarse en esta especie vegetal a *T. urticae*. También podría ser un hábitat para mantener la interacción depredador-presa y un refugio para las condiciones desfavorables, ya que según Chant (1959) los fitoseidos que habitan en cultivos herbáceos anuales migran en los meses de otoño hacia especies vegetales silvestres herbáceas como *U. dioica* Linneaus, que les sirven como sitios de hibernación y donde han sido encontrados en gran número.

En algunos estudios se observó que sólo una o pocas especies son importantes para favorecer la permanencia del depredador en el sistema. Aguilar-Fenollosa *et al.*, (2011) registraron más EN en la cubierta vegetal constituida por la especie *Festuca arundinacea* Schreb. (Poaceae) en campos de mandarino comparada con la cubierta que crece naturalmente y con el suelo desnudo. Por ello es importante identificar las especies vegetales que favorecerán la persistencia del depredador en los predios cuando su presa esté a bajas densidades o cuando las condiciones climáticas son adversas para los EN.

A su vez, la proximidad de la vegetación silvestre al cultivo también influirá en la capacidad de estos EN de colonizar tempranamente el mismo, ya que la ausencia de vegetación silvestre produce un retraso considerable en la llegada de los fitoseidos al cultivo (Escudero *et al.*, 1999).

El polen de las especies de vegetación silvestre en las que *N. californicus* fue registrado fue estudiados en el Capítulo 5 como posibles recursos alimenticios alternativos a su presa principal.

Capítulo 5. Recursos alimenticios para *Neoseiulus californicus*, alternativos a su presa principal.

5.1. Introducción

Un atributo importante de los enemigos naturales (EN) para su efectividad en el control biológico es su capacidad de búsqueda y de permanecer en el sistema cuando la densidad de su presa principal es baja o nula (De Courcy Williams *et al.*, 2004, Badii *et al.*, 2010).

La vegetación silvestre aledaña a los cultivos en los predios fruti-hortícolas ofrece a numerosos organismos benéficos, micro-hábitats que sirven como refugios, sitios de hibernación y proveen recursos alimenticios alternativos a los agentes de control biológico más generalistas, permitiendo en algunos casos su desarrollo y reproducción (Alomar Kurz, 2003). A su vez, la colonización y la dispersión de estos organismos hacia nuevas fuentes de alimento puede verse también favorecida por la presencia de esta vegetación (Escudero & Ferragut, 1999; Nomikou *et al.*, 2003).

Varias especies de ácaros depredadores son utilizadas en el control biológico de ácaros tetránquidos y de pequeños insectos. Estas especies suelen tener la capacidad de alimentarse de otros recursos presentes en el sistema cuando su presa preferida se encuentra a bajas densidades.

Los ácaros de la familia Phytoseiidae han sido clasificados por McMurthry & Croft (1997) de acuerdo a la amplitud de la dieta y a sus adaptaciones a ciertos alimentos, como por ejemplo el polen. En esta clasificación se incluyen aspectos morfológicos, de desarrollo y reproductivos (Croft *et al.*, 2004), conformando cuatro grupos que representan un continuo entre generalistas y especialistas. Sólo las especies que pertenecen al género *Phytoseiulus* se han clasificado como Tipo I, los más especialistas, ya que se alimentan principalmente de organismos del género *Tetranychus*. Las especies del género *Euseius* pertenecen al Tipo IV, los más generalistas, y si bien son polípagas tienen un mayor potencial reproductivo cuando se alimentan de polen (Abou-setta & Childers, 1989; Kostianen & Hoy, 1994). Los ácaros que han sido clasificados como Tipo II y III son organismos generalistas aunque algunos presentan una selectividad hacia los ácaros tetránquidos. Esta amplitud en la dieta les permite sobrevivir y reproducirse (Yue *et al.*, 1994; Yue & Tsai, 1996; van Rijn & Tanigoshi, 1999; Broufas & Koveos, 2000; Vantornhout *et al.*, 2004; Bouras & Papadoulis, 2005; Vantornhout *et al.*, 2005; Papadopoulos & Papadoulis, 2008) alimentándose de otros ácaros

fitófagos, pequeños artrópodos y polen de varias especies vegetales (McMurtry, 1992; Al-Shammery, 2010; Castagnoli *et al.*, 1999; Takahashi & Chant, 1993; Vantornhout *et al.*, 2005) cuando su presa principal se encuentra a bajas densidades. Cuando se alimentan de polen rompen la pared del grano y succionan el contenido (Fletcher & McMurtry, 1992). La utilización de este recurso como parte de su alimentación depende del tamaño y del grosor de las paredes (exinas) de los mismos y principalmente del valor nutricional (van Rijn & Tanigoshi, 1999), el cual varía para las diferentes especies de plantas (Tanigoshi *et al.*, 1993; Yue *et al.*, 1994).

Otros recursos, tales como el “honeydew” (sustancia azucarada producida por la excreción de fitófagos que se alimentan de floema, como pulgones y moscas blancas) y varios hongos que se desarrollan sobre las plantas o sobre el mismo “honeydew” pueden ser utilizados por los EN como parte de su dieta (Duso *et al.*, 2003; Gerson *et al.*, 2003; Pozzebon & Duso, 2008; Wäckers *et al.*, 2008; Zemek & Prenerova, 2003).

En el caso de los ácaros depredadores generalistas que se alimentan principalmente de arañuelas, la vegetación silvestre y varios cultivos pueden hospedar, además de su presa principal, otros ácaros de las familias Tetranychidae, Tenuipalpidae y Tydeidae como posibles componentes de su dieta (Molnár, 1990; Camporese & Duso, 1995). Esta última familia tiene representantes que pueden ser polífagos, fungívoros, saprófagos y depredadores, y su dinámica poblacional puede estar afectada por los mismos factores que afectan la de los fitoseidos (polen, “honeydew”, hongos) (Hessein & Perring, 1986; Laing & Knop, 1983; Nyemczik, 2007).

El estudio de los diferentes recursos presentes en el hábitat de los EN y cómo los utilizan (Flechtman & McMurtry, 1992; Gerson *et al.*, 2003) es importante para explicar por qué algunas de sus poblaciones persisten o se extinguen, y en qué medida contribuyen en el control biológico de una plaga (Emmert *et al.*, 2008; Fouly & Al-Rehiyani, 2011).

Neoseiulus californicus es un depredador generalista que tiene características del Tipo II y Tipo III, ya que no sólo se alimenta de *T. urticae*, su presa principal, sino también de otros alimentos alternativos como polen, ninfas de trips y de otros ácaros (McMurtry & Croft, 1997; Makoto *et al.*, 2005). En los predios hortícolas la permanencia de *N. californicus* se ve favorecida por la presencia de vegetación silvestre ya que algunas especies les permiten pasar el invierno y otras les brindan alimentos alternativos. Raworth *et al.* (1994) observó que *Hordeum murimun* L. y *Stellaria media* L. juegan un rol importante en el incremento temprano de la población de este depredador. Ragusa *et al.* (2009) encontró que 13 de 20 alimentos alternativos a su presa principal permitió a *N. californicus* incrementar su

población. La supervivencia de este EN alimentado con el polen de *Helianthus annuus* L. y *Eschscholtzia californica* Cham. fue similar a la obtenida con *T. urticae* y la fecundidad más alta se observó cuando *N. californicus* fue alimentado con su presa principal, seguida por los individuos que fueron alimentados con el polen de las especies mencionadas anteriormente (Sazo, *et al.*, 2006). Esta información permite la inclusión de especies vegetales presentes en los predios en planes de manejo y también facilitar la cría masiva de este depredador para ser utilizado en liberaciones aumentativas.

La alta capacidad de dispersión de *N. californicus* le permite encontrar alimentos alternativos (Croft & Jung, 2001). Se conoce que la falta de alimento y las altas temperaturas inducen el comportamiento de dispersión ambulatoria de *N. californicus* (Auger *et al.*, 1998).

En los predios hortícolas del Cinturón Hortícola Platense (CHP) se ha registrado a *N. californicus* principalmente en el cultivo de frutilla asociado a *T. urticae*, aunque también se lo ha encontrado en 14 especies de la vegetación silvestre aledaña a los cultivos, a lo largo de todo el año, 13 de las cuales estaban en floración en ese momento (Capítulo 4). Sin embargo se desconoce si el polen de estas especies vegetales constituye un alimento alternativo para *N. californicus*.

Por otra parte, en el cultivo de frutilla en los predios del CHP, además de *T. urticae* se encuentran otros fitófagos, entre ellos los áfidos, *Aphis gossypii*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Mysus persicae* y *Chaetosiphon fragaefolii* que producen honeydew (Cédola & Greco, 2010). Otro ácaro asociado temporal y espacialmente a *N. californicus* es *Tydeus* spp. Oudemans (Acari: Tydeidae) (Figura 5.1) del cual se desconoce su hábito alimenticio, y también podría ser un alimento alternativo para el depredador.

Algunas especies vegetales que ofrecen recursos adecuados para el desarrollo de este depredador podrían albergar individuos aunque no se encuentre su presa principal, y ser de utilidad para favorecer la persistencia de este depredador en el predio. Por otra parte, si los recursos alimenticios que ofrecen son adecuados para permitir un buen desempeño del depredador, su presencia en ellas sería independiente de la distancia a la cual se encuentren las plantas hospedadoras de su presa principal.

La hipótesis general de este trabajo es que en los predios del CHP existen recursos alimenticios alternativos que permiten a *N. californicus* persistir, en ausencia de su presa principal, *T. urticae*. En particular, el polen de las especies de vegetación silvestre donde fue registrado podría servir de alimento alternativo, al igual que el “honeydew” de los áfidos e individuos de *Tydeus* spp. con los que habitualmente coincide, espacial y temporalmente, en el campo.



Figura 5.1. Ácaro *Tydeus* spp. presente en cultivos de frutilla del CHP.

Se plantean las siguientes predicciones:

- La supervivencia y el tiempo de desarrollo de *N. californicus* serán diferentes cuando es alimentado con el polen de distintas especies vegetales, con “honeydew” producido por pulgones y con *T. urticae*.
- La tasa de emigración de los individuos de *N. californicus* será mayor en aquellas unidades experimentales que contengan un alimento alternativo que no sea adecuado para su desarrollo.
- *Neoseiulus californicus* consumirá individuos de *Tydeus* spp. y tendrá una supervivencia diferencial con distintos estados de desarrollo de este ácaro.
- La fecundidad de las hembras de *N. californicus* variará según el alimento suministrado.
- *Neoseiulus californicus* estará presente en las especies vegetales cuyo polen le permite desarrollarse, independientemente de la distancia a la cual se encuentren estas especies de los cultivos que poseen su presa principal.

El objetivo fue determinar el desempeño de *N. californicus* con recursos alimenticios alternativos a *T. urticae*, como polen, “honeydew” de áfidos e individuos de *Tydeus* spp.

5.2. Materiales y métodos

Para el mantenimiento y acondicionamiento de las plantas de frutilla que fueron utilizadas en estos ensayos, al igual que las colonias de *N. californicus*, se siguieron los procedimientos descritos en el Capítulo 3.

Colecta y acondicionamiento de polen, “honeydew” de áfidos y *Tydeus* spp.

Se colectó polen de las siguientes especies de vegetación silvestre en donde *N. californicus* fue registrado durante los muestreos realizados en predios del CHP (Capítulo 4): Fam. Amaranthaceae (*Amaranthus viridis*), Fam. Asteraceae (*Picris echioides*, *Sonchus oleraceus*, *Taraxacum officinale*), Fam. Convolvulaceae (*Convolvulus arvensis*), Fam. Fabaceae (*Galega officinalis*), Fam. Lamiaceae (*Lamiun amplexicaule*), Fam. Malvaceae (*Anoda cristata*), Fam. Poaceae (*Echinocloa crus-galli*, *Eragrostis pilosa*, *Lolium multiflorum*), Fam. Polygonaceae (*Polygonum aviculare*), Fam. Urticaceae (*Urtica urens*). También se colectó polen de frutilla (*F. x ananassa*). Las flores de cada especie fueron colocadas individualmente en bolsas de papel y mantenidas a temperatura ambiente durante 48 ó 72h para eliminar la humedad de las anteras. Luego se dispusieron las anteras en cápsulas de Petri (Figura 5.1 a y b), previamente rotulados, los que se mantuvieron en heladera a 10°C.

Se estableció una colonia del áfido *C. fragaefolii* para la obtención de “honeydew” utilizando el mismo dispositivo que se usó para la cría de *N. californicus* (Capítulo 3). Se formaron nuevas colonias a medida que se fueron utilizando las hojas en el ensayo. Además, se colectaron hojas de alcaucil con áfidos de la especie *Capitophorus eleagni* (Del Guercio) (Hemiptera: Aphididae), los que fueron mantenidos en las mismas hojas.

Los individuos de *Tydeus* spp fueron colectados en hojas de frutilla y de *Morus alba* y mantenidos en heladera a 10°C sobre las mismas hojas.

Las colonias de *N. californicus*, de *C. fragaefolii* y de *C. eleagni* se mantuvieron bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y fotoperiodo: 25 ±1 °C, 60-70 % RH y 14:10 L:O. Los ensayos se realizaron bajo estas condiciones.

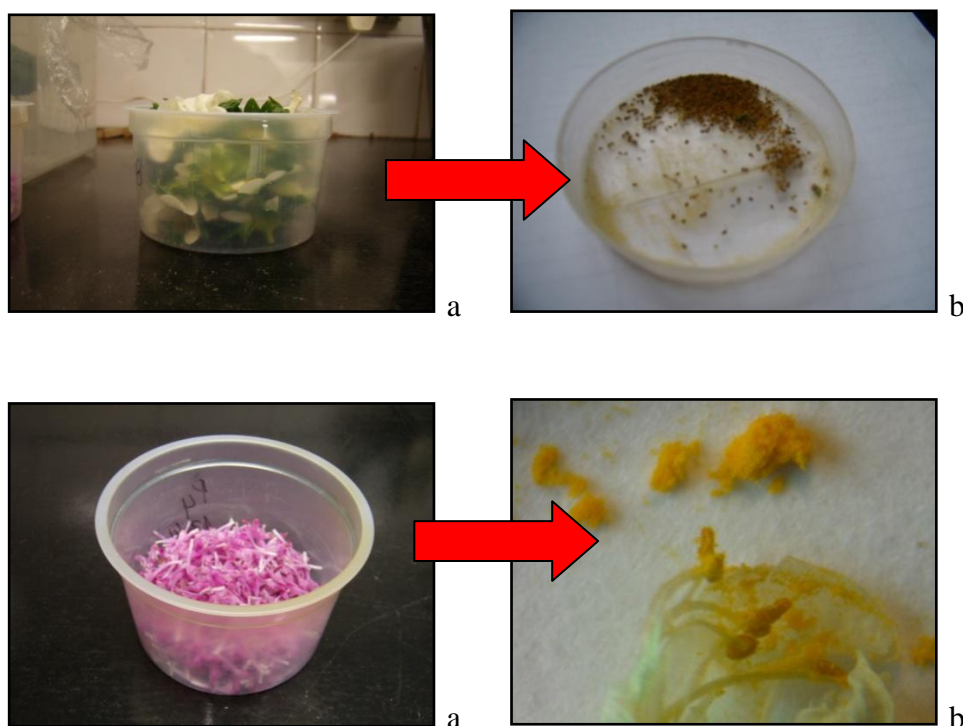


Figura 5.2. a) Flores de *Fragaria x ananassa* y *Lamium amplexicaule* colectadas y b) anteras con polen de las mismas.

Supervivencia de protoninfa a adulto y tiempo de desarrollo ninfal de *N. californicus* alimentado con diferentes tipos de polen y con “honeydew”.

La unidad experimental utilizada en estos ensayos fue la misma que se empleó en los correspondientes al Capítulo 3.

Huevos de *N. californicus* de 24h de edad fueron dispuestos individualmente sobre discos de frutilla. Los mismos procedían de hembras de la colonia alimentadas con huevos, larvas, ninfas y adultos de *T. urticae*. En el caso en que se usó polen como alimento, cuando eclosionaron los huevos de *N. californicus* las anteras fueron cepilladas sobre el disco con un pincel de pelo de marta, dejando caer los granos de polen sobre el sustrato. En el ensayo con “honeydew”, se utilizaron discos de frutilla y de alcaucil, provenientes de hojas con áfidos que habían producido esta sustancia azucarada sobre su superficie abaxial. En todos los ensayos, para mantener las condiciones óptimas los discos fueron reemplazados cuando fue necesario.

En cada ensayo se estableció un tratamiento control en el que *N. californicus* fue alimentado con todos los estados de desarrollo de *T. urticae* (n= 20).

Con cada alimento ofrecido se registró diariamente la supervivencia y el estado de desarrollo de cada individuo de *N. californicus* desde protoninfa hasta el estado adulto (n= entre 35 y 133). Se registró la supervivencia a partir del estado de protoninfa, ya que la mortalidad de huevos y de larvas (que no se alimentan) no fue considerada por no existir una hipótesis que la relacione con los tratamientos, es decir el alimento ofrecido. Se realizó el seguimiento de la supervivencia de una cohorte por tratamiento y los individuos que se fueron de la unidad experimental no se consideraron dentro del número inicial. La supervivencia se estimó mediante el estimador producto-límite de Kaplan-Meier (1958) (Statistica 7.0 Stat Soft.m Inc.). Las curvas de supervivencia se compararon mediante una prueba de comparaciones múltiples de Chi cuadrado y luego se hicieron comparaciones de a pares para identificar diferencia entre tratamientos, mediante la prueba Wilcoxon de Gehan (Gehan & Thomas, 1969) (Statistica 7.0 Stat Soft.m Inc.).

La duración de los estados de protoninfa, deutoninfa y la duración total (protoninfa y deutoninfa) con cada alimento se analizó mediante ANOVA de una vía y posteriormente se utilizaron pruebas de Tukey para la comparación de medias.

Tasa de emigración de la unidad experimental y tiempo de permanencia en la misma.

Se calculó la tasa de emigración (escape o abandono de la unidad experimental) del depredador frente a cada alimento alternativo y a la presa principal, como: número de individuos que se fueron de las unidades experimentales/ número total de individuos. Los datos fueron analizados mediante χ^2 con la hipótesis nula de que el número de individuos que abandonan la unidad experimental es independiente del alimento ofrecido. Por otra parte, se comparó el número de días de permanencia en la unidad experimental de los individuos que no llegaron al estado adulto, por medio de la prueba de Kruskal-Wallis y se hicieron comparaciones de a pares con el estadístico U de Mann Whitney.

En todos los casos en que no se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad que requiere el ANOVA se aplicó a los datos la transformación raíz cuadrada, y si aún los supuestos no fueron cumplidos se realizó una prueba de Kruskal Wallis.

Fecundidad de *N. californicus* alimentado con polen.

La calidad nutricional del polen se evaluó a través de la fecundidad de las hembras alimentadas con el polen de cada una de las plantas que permitió el desarrollo de *N. californicus* hasta el estado adulto.

La unidad experimental consistió en un folíolo de frutilla de 4cm de diámetro colocado sobre un disco de agar de 5cm de diámetro y 3mm de alto, en una cápsula de Petri de 8cm de diámetro. Los discos se rodearon de agua para evitar el escape de los individuos y para mantener la humedad. Se colocaron 15 huevos de *N. californicus* en el disco de frutilla y a partir de su eclosión se les suministró polen de la especie correspondiente (n= 3). Se registró el número de huevos/hembra/día.

Consumo, supervivencia y tasa de emigración de *N. californicus* con *Tydeus* spp como alimento.

Para evaluar si los individuos de *Tydeus* spp. son un posible alimento del depredador, hembras de *N. californicus* recién copuladas con 48h de inanición fueron colocadas individualmente y se les ofreció: 5 ninfas (Tratamiento 1, n= 14), 5 adultos (Tratamiento 2, n= 14) y 5 huevos de *Tydeus* spp (Tratamiento 3, n= 10). Se registró la tasa de consumo, la supervivencia y la tasa de emigración a las 24 y 48h en cada tratamiento.

Muestreos adicionales en predios hortícolas

A fin de evaluar si el polen que le permite a *N. californicus* alcanzar el estado adulto es un alimento alternativo importante para su persistencia en el predio, cuando la presa principal está ausente o es escasa, se evaluó su frecuencia de aparición en esas plantas ubicadas en áreas alejadas de los cultivos que poseen su presa principal. Se seleccionaron tres plantas para evaluar la presencia de este ácaro en dos escenarios diferentes: adyacentes al cultivo de frutilla u otro cultivo, y en áreas de vegetación silvestre dentro del predio alejadas de los cultivos. Las plantas fueron seleccionadas según dos criterios: el depredador se registró en ellas a campo y completó su desarrollo cuando fue alimentado con polen de las mismas en el laboratorio.

Se realizaron muestreos quincenales de *N. californicus* y *T. urticae* sobre *S. oleraceus*, *C. arvensis* y *L. amplexicaule*. Estas plantas además de cumplir con los dos criterios

mencionados, presentan su período de floración en diferentes momentos del año. Los muestreos en *S. oleraceus* se realizaron entre junio y octubre de 2010, en cinco predios. Se tomaron al azar 30 unidades muestrales de esta planta (una hoja y una flor) en la bordura de: cuatro cultivos de frutilla, uno de acelga, uno de apio, uno de perejil y uno de remolacha, y en un área de vegetación silvestre alejada de los cultivos. Sobre *C. arvensis* se muestreó en cinco predios, entre diciembre de 2010 y febrero de 2011, utilizando el mismo procedimiento en la bordura de dos cultivos de frutilla, uno de acelga, uno de puerro, uno de zapallito, uno de remolacha, uno de lechuga y uno de repollo; y en la vegetación alejada de los cultivos. Los muestreos de *L. amplexicaule* se realizaron en tres predios entre los meses de abril y agosto de 2011. Las muestras, colectadas de la misma forma que las anteriores, se tomaron alrededor de un cultivo de frutilla, uno de perejil, uno de cebolla de verdeo y uno de puerro; y en plantas de esta especie alejadas de los cultivos.

En los muestreos realizados mensualmente se registró una alta frecuencia de aparición de *N. californicus* en el cultivo de alcaucil, principalmente en los meses de otoño e invierno sin estar asociado a *T. urticae* (Capítulo 4). Por tal motivo, durante los meses de invierno de 2011 se realizaron muestreos quincenales de *N. californicus* en este cultivo en tres predios. La unidad de muestra estuvo conformada por tres lóbulos o costillas laterales de una hoja y se colectaron 30 unidades de muestra al azar en cada muestreo.

5.3. Resultados

Supervivencia de protoninfa a adulto y tiempo de desarrollo ninfal de *N. californicus* alimentado con diferentes tipos de polen y con “honeydew”.

El polen de *Amaranthus viridis*, *Picris echioides*, *Taraxacum officinale*, *Anoda cristata*, *Echinocloa crusgalli*, *Eragrostis pilosa*, *Lolium multiflorum* y *Polygonum aviculare*; y el “honeydew”, no permitieron a los individuos de *N. californicus* completar su desarrollo y la mortalidad se produjo entre los días 4 y 7.

Con *T. urticae* y el polen de *L. amplexicaule*, *F. x ananassa*, *S. oleraceus*, *U. urens*, *G. officinalis* y *C. arvensis*, completó el desarrollo y la supervivencia diaria desde el estado de protoninfa hasta adulto varió entre el 94% y el 69% y fue diferente con los distintos alimentos ($\chi^2 = 25,12$; gl = 6; $P < 0,001$) (Figura 2). Se encontró una alta y constante supervivencia cuando se alimentaron con *T. urticae* y *L. amplexicaule*, mientras que con polen de *C.*

arvensis se obtuvo una marcada disminución de la supervivencia en el día 2 (al final del estado de protoninfa o comienzo del de deutoninfa). Con el resto de los alimentos la supervivencia disminuyó gradualmente.

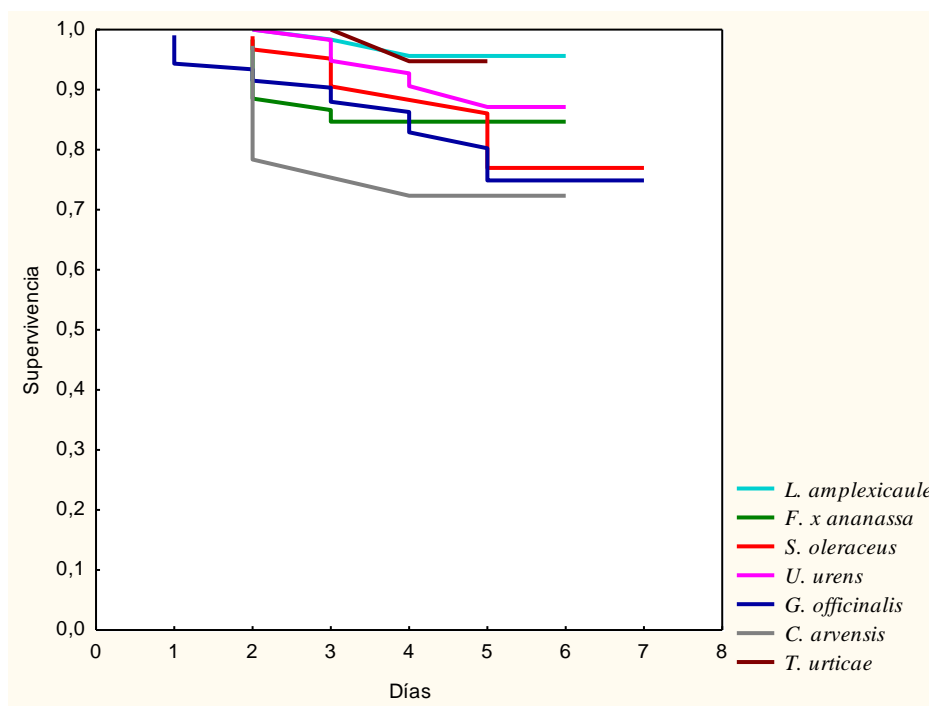


Figura 5.3. Supervivencia diaria desde el estado de protoninfa hasta adulto de *Neoseiulus californicus* alimentado con polen de plantas silvestres aledañas al cultivo de frutilla, con polen de frutilla, y con individuos de *Tetranychus urticae*.

El tiempo de desarrollo de protoninfa a adulto de *N. californicus* fue significativamente más corto cuando se alimentó con *T. urticae*, aunque no difirió del de aquellos individuos que fueron alimentados con el polen de *L. amplexicaule*. Por otra parte se observó una duración del desarrollo más largo cuando se ofreció a *N. californicus* polen de *U. urens* difiriendo significativamente cuando el alimento fue *T. urticae*, polen de *L. amplexicaule* y de *S. oleraceus* ($F= 7,46$; $gl= 1,6$; $P< 0,01$).

Discriminando los estados preimaginales, la duración del estado de protoninfa fue significativamente menor ($H_{(6, N=177)} = 32,41$; $P< 0,01$) cuando el alimento fue *T. urticae* en relación a cuando fue polen de *G. officinalis* y de *U. urens* y la duración de la deutoninfa fue significativamente menor con *T. urticae* que con polen de frutilla como alimento ($F = 2,37$; $gl = 6,17$; $P< 0,01$) (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Tiempo de desarrollo de protoninfa a adulto y duración de los estados de protoninfa y deutoninfa de *Neoseiulus californicus* alimentado con polen de distintas plantas y con *Tetranychus urticae*. Las letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas.

Alimento	Protoninfa (media \pm DS)	Deutoninfa (media \pm DS)	Total (media \pm DS)
<i>Sonchus oleraceus</i>	1,62 \pm 0,11 ab	1,62 \pm 0,09 ab	3,23 \pm 0,14 b
<i>Convolvulus arvensis</i>	2,00 \pm 0,31 ab	1,57 \pm 0,20 ab	3,51 \pm 0,29 bc
<i>Galega officinalis</i>	2,04 \pm 0,13 bc	1,56 \pm 0,11 ab	3,59 \pm 0,18 bc
<i>Lamium amplexicaule</i>	1,55 \pm 0,11 ab	1,57 \pm 0,09 ab	3,14 \pm 0,18 ab
<i>Urtica urens</i>	2,10 \pm 0,13 bc	1,80 \pm 0,15 ab	3,90 \pm 0,15 c
<i>Fragaria x ananassa</i>	1,57 \pm 0,12 ab	1,87 \pm 0,10 b	3,43 \pm 0,16 bc
<i>Tetranychus urticae</i> (Tratamiento control)	1,15 \pm 0,08 a	1,30 \pm 0,15 a	2,45 \pm 0,11 a

Tasa de emigración de la unidad experimental y tiempo de permanencia en la misma.

En relación con la proporción de individuos de *N. californicus* que abandonaron la unidad experimental durante el ensayo, se observó que la misma no fue independiente del alimento ofrecido ($\chi^2=87,89$, gl= 16; $P < 0,001$). La menor proporción de emigración se observó en las unidades experimentales con polen de *P. echioides* y la mayor en aquellas con “honeydew” de áfidos en el alcaucil. En ninguno de los dos casos los individuos alcanzaron el estado adulto.

Se encontraron diferencias significativas en los días de permanencia de los estados de prtoninfa y deutoninfa de *N. californicus* en la unidad experimental cuando se les ofreció polen de las especies con los que no logró completar su desarrollo ($H_{(9, N=177)} = 12,14$; gl = 15; $P = 0,20$) (Figura 5.3).

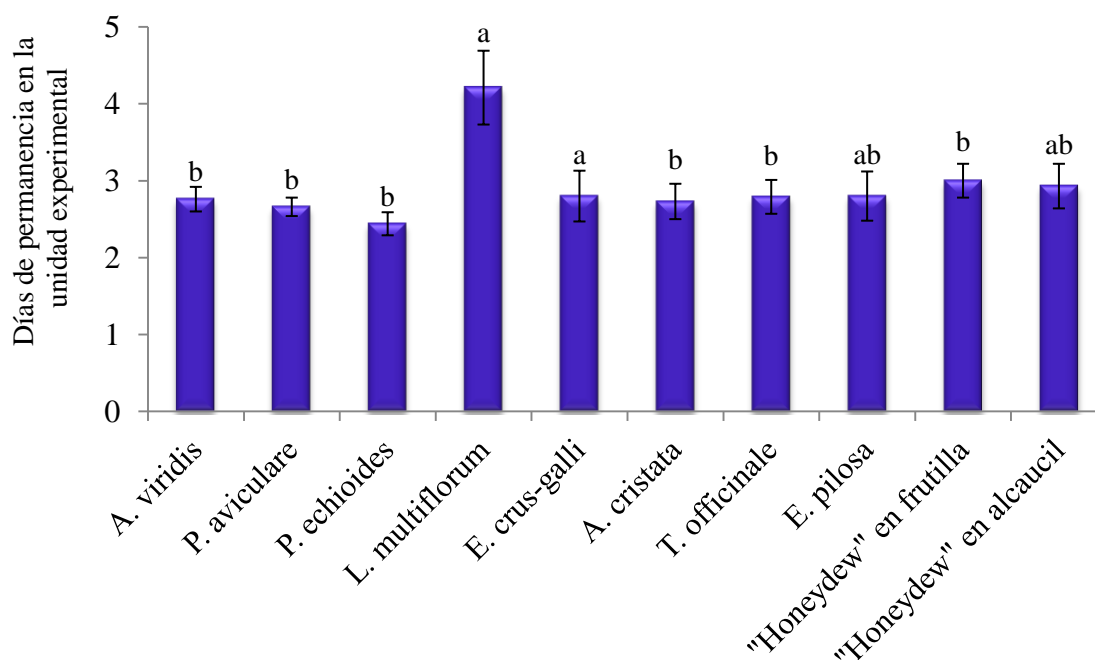


Figura 5.4. Días de permanencia de los estados de protoninfa y deutoninfa de *Neoseiulus californicus* en la unidad experimental cuando se le ofreció diferentes tipos de polen y “honeydew” como alimento alternativo que no permitieron completar su desarrollo. Las barras representan el error estándar. Las columnas con letras iguales no son diferentes significativamente ($P < 0,05$, Test de Mann-Whitney).

Fecundidad de *N. californicus* alimentado con polen.

La fecundidad de las hembras de *N. californicus* alimentadas con el polen de las especies fue nula. Sólo se observó una cópula cuando el depredador fue alimentado con polen de *C. arvensis* pero no se registró descendencia.

Consumo, supervivencia y tasa de emigración de *N. californicus* con *Tydeus* spp como alimento.

Las hembras de *N. californicus* no consumieron ninguno de los estados de desarrollo de *Tydeus* spp., ni a las 24 ni a las 48h. En estas condiciones de inanición, la supervivencia de los individuos que permanecieron en la unidad experimental fue entre 0,25-0,5 y entre 0,25-0,08 a las 24 y 48h respectivamente. La proporción de hembras que abandonaron la unidad experimental varió entre 0-0,4 y 0-0,6 a las 24 y 48h respectivamente, coincidiendo la menor proporción con valores altos de mortalidad.

Muestreos adicionales en predios hortícolas

Los resultados obtenidos a partir de estos muestreos en el campo (adicionales a los presentados en el Capítulo 4), indicaron que en *S. oleraceus* el depredador estuvo ausente en las plantas que rodeaban a los cultivos (frutilla y otros) y presente en muy baja frecuencia en las plantas alejadas de los mismos. *Tetranychus urticae* no fue registrada sobre esta planta en ninguno de los ambientes muestreados. En *C. arvensis* se lo encontró siempre asociado a su presa principal y más comúnmente en las plantas cercanas al cultivo de frutilla. En *L. amplexicaule* se observó una mayor frecuencia de aparición de *N. californicus* en las plantas muestreadas alrededor de otros cultivos presentes en los predios y no se registró en las plantas alejadas de los cultivos. Además puede verse que fue más frecuente donde su presa también lo fue (Tabla 5.2). En ningún caso fue registrado en las flores, y si bien el polen podría caer sobre las hojas y ser consumido allí, se esperaría encontrar más individuos en las estructuras florales si realmente éste fuera un alimento destacado como alternativo para su desarrollo. En general, los resultados sugieren que su presencia en estas plantas está más relacionada con su presa principal que con el polen que puedan ofrecerle las mismas como recurso alimentario.

Tabla 5.2. Frecuencia de aparición de *Neoseiulus californicus* y *Tetranychus urticae* en hojas de *Sonchus oleraceus*, *Convolvulus arvensis* y *Lamium amplexicaule* en distintos escenarios.

	<i>S. oleraceus</i>		<i>C. arvensis</i>		<i>L. amplexicaule</i>	
	<i>N. californicus</i>	<i>T. urticae</i>	<i>N. californicus</i>	<i>T. urticae</i>	<i>N. californicus</i>	<i>T. urticae</i>
Adyacentes al cultivo de frutilla	0	0	4,17	13,75	0,8	3,75
Adyacentes a otros cultivos	0	0	1	4	1,04	7,92
En áreas alejadas de los cultivos	0,3	0	1	9	0	1

Neoseiulus californicus estuvo presente en una muy baja frecuencia (0,25%) en las hojas de alcaucil muestreadas en dos predios.

5.4. Discusión

El estudio de los EN como agentes de control biológico requiere del conocimiento de los hábitos alimenticios y de sus características biológicas y ecológicas. Muchos ácaros depredadores tienen la habilidad de alimentarse de recursos alternativos (Abou-setta & Childers, 1989; Kostianen & Hoy, 1994; Fouly *et al.*, 1995; McMurtry, 1997; Al-Shammery, 2010) que les permitirían permanecer en el sistema a través del tiempo cuando su presa principal se encuentra a bajas densidades. Los resultados de este estudio muestran la selectividad de *N. californicus* por *T. urticae*, aunque también logró completar su desarrollo con el polen de 5 de las 15 especies silvestres en las que fue registrado en muestreos realizados en predios del CHP, y con el polen de frutilla, *F. x ananassa*; lo que demuestra la capacidad de las poblaciones locales de alimentarse de otros recursos alternativos a su presa principal.

La calidad nutricional del polen de las otras especies, del “honeydew” producido por los áfidos y del ácaro *Tydeus* spp, no fue adecuada ya que produjo un descenso de la supervivencia en los estados preimaginales de este depredador, principalmente en el estado de protoninfa. En cambio, la supervivencia, aunque menor a la registrada con *T. urticae* como alimento, fue alta en aquellos individuos alimentados con polen de *L. amplexicaule*, *U. urens*, *S. oleraceus*, *G. officinalis* y *F. x ananassa* e intermedia con polen de *C. arvensis*. En todos los casos estos alimentos le permitieron desarrollarse hasta el estado adulto. Sazo *et al.* (2006) no encontraron diferencias entre la supervivencia de adultos de *N. californicus* alimentados con polen de *Helianthus annuus* L. (girasol), *Eschscholtzia californica* Cham. (amapola de California) y *C. arvensis* (correhuela) y alimentados con *T. urticae*, mientras que con polen de *T. officinale* fue significativamente menor. En el presente estudio *N. californicus* fue registrado en el campo sobre esta última especie silvestre, pero en condiciones de laboratorio no logró completar su desarrollo cuando se le ofreció el polen de esta lo cual es coincidente con los resultados obtenidos por Sazo *et al.* (2006). Otros autores observaron una alta supervivencia de *N. californicus* cuando se alimentó con individuos de especies emparentadas con su presa principal, mientras que con diversos tipos de polen la supervivencia varió, completando en muchos casos su desarrollo preimaginal. Swirski *et al.* (1970) encontraron

resultados similares cuando se alimentó a *N. californicus* con individuos de dos especies de la familia Tetranychidae así como con polen de *Ricinus communis* y *Carpobrotus edulis*. Así mismo la supervivencia de *N. californicus* alimentado con polen de 7 especies de la flora Mediterránea que crecen de forma espontánea no difirió de la de aquellos individuos que fueron alimentados con su presa principal (Ragusa *et al.*, 2009). Una de tales especies, *Stellaria media*, fue registrada frecuentemente en los muestreos realizados en el CHP pero el depredador nunca fue encontrado sobre la misma (Capítulo 4).

La habilidad de los depredadores para alimentarse del polen de determinadas especies vegetales depende de varios factores tales como el aparato bucal, los órganos sensoriales y la preferencia alimenticia. Por otra parte, el valor nutricional de cada tipo de polen varía según la especie de planta y en consecuencia afecta diferencialmente el desarrollo y la reproducción de las distintas especies de depredadores (Tanigoshi *et al.*, 1993; von Engel & Ohnesorge, 1994; Yue *et al.*, 1994; Yue & Tsai, 1996; Broufas & Koveos, 2000). El espesor de la exina del grano de polen, la estructura y la composición química del mismo podrían jugar un rol importante así como el tamaño del grano de polen influiría en la manipulación de los mismos por los depredadores. Sin embargo, Van Rijn & Tanigoshi (1999) encontraron que el tamaño del grano de polen no afectó la tasa de oviposición de *N. cucumeris* y *Iphiseius degenerans*.

El tiempo de desarrollo de *N. californicus* alimentado con *T. urticae* y con el polen de *L. amplexicaule* fue similar, coincidiendo con lo reportado por Ragusa *et al.* (2009) en relación al polen de 7 especies vegetales, *Aloe arborescens* Miller, *Carpobrotus edulis* L., *Stellaria media*, *Solanum nigrum* L., *Lotus ornithopodioides* L., *Parietaria officinalis* L. y *Mentha piperita* L.

El valor de los diferentes tipos de polen es determinado también por la tasa de oviposición observada cuando las hembras son alimentadas con este recurso (van Rijn & Tanigoshi, 1999). En este estudio se observó que *N. californicus* no dejó descendencia cuando se le suministró polen de las especies silvestres que le permitieron llegar a adulto, sólo en *C. arvensis* se registró una cópula pero no se observó oviposición. Estos resultados concuerdan con los de Sazo *et al.* (2006) quienes observaron una muy baja tasa de oviposición de *N. californicus* con polen de esta especie.

El polen de *F. x ananassa* tampoco permitió reproducirse al depredador. Sin embargo el hecho que el polen de este cultivo esté presente en momentos en que la densidad de *T. urticae* sea baja podría contribuir a su persistencia en el sistema. Por otra parte Shakya *et al.* (2009) observaron que el polen de *F. x ananassa* podría ser un alimento alternativo para *N. cucumeris*. van Rijn & Tanigoshi (1999) obtuvieron una tasa de oviposición de *N. cucumeris*

de 2,49 ($\pm 0,20$) huevos en el cuarto y quinto día alimentados con el polen de esta especie, siendo un buen recurso alimenticio, así como el polen de otras especies de la familia Rosaceae parecen serlo para *N. cucumeris* y para *I. degenerans*. El polen de otras especies de esta familia también ha sido documentado como alimento alternativo para distintas especies de fitoseidos (Knisley & Swift 1971; Duso & Camporese 1991; Schausberger, 1992; Ouyang *et al.*, 1992; von Engel & Ohnesorge, 1994; Kostianen & Hoy, 1994; Papadopoulos & Papadoulis, 2008). El polen que proviene de especies vegetales de una misma familia muestra en general resultados similares cuando son ofrecidos como posible alimento para los depredadores (van Rijn & Tanigoshi, 1999). En este estudio *N. californicus* fue detectado en tres especies vegetales silvestres de la familia Asteraceae y solo el polen de *S. oleraceus* permitió su desarrollo. En cambio, el polen de las tres especies de la familia Poaceae en que fue registrado en el campo no fue un recurso adecuado como alimento alternativo. Ouyang *et al.* (1992) encontraron resultados similares con respecto a esta última familia ya que el polen de *Hordeum vulgare* L. y *Festuca rubra* L. no permitió un buen desempeño de *Euseius tulernasis* (Congdon). Sin embargo otros autores observaron que el polen de otras especies de la fam. Poaceae contribuyeron favorablemente en el control de plagas por otras especies del género *Euseius* (Smith & Papacek, 1991; Maoz *et al.*, 2008; Palevsky *et al.*, 2010).

El “honeydew” producido por los áfidos en las hojas de frutilla y de alcaucil no resultó un recurso alimenticio adecuado para este depredador. Éste es un producto de desecho, el exceso de carbohidratos que los alimentadores de floema liberan, y posiblemente no tendría una calidad nutricional adecuada para que este depredador pueda desarrollarse (Wilkinson *et al.*, 1997; Wäkers, 2005). Además, la alta viscosidad de este producto podría dificultar su acceso al mismo y su consumo. Sin embargo, otros estudios demuestran que este producto producido por los áfidos o por las moscas blancas tiene un efecto positivo en la supervivencia de ciertos EN (Overmeer 1985; McMurtry & Croft 1997; Nomikou *et al.*, 2003).

Neoseiulus californicus tampoco se alimentó de ninguno de los distintos estados de desarrollo de *Tydeus* spp. El rol de los ácaros de la familia Tydeidae aún está en discusión (Camporese & Duso, 1995), existiendo algunas especies que son presas alternativas de ácaros depredadores (Knop & Hoy, 1983). McMurtry & Flaherty (1977) encontró individuos de *Typhlodromus talbii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) en cítricos en España asociados a tífidos y alimentándose de ellos. Camporese & Duso (1995) observaron también en viñedos europeos a este depredador alimentarse de tífidos, y en ensayos de laboratorio tuvo un desarrollo más rápido y una mayor fecundidad alimentado con *Tydeus caudatus* que con especies de tetraníquidos y polen.

La teoría del forrajeo óptimo sugiere que cuando la densidad de la presa principal disminuye debajo de ciertos valores, los depredadores abandonaran ese parche en busca de otro parche con un alimento que le permita persistir en el tiempo y buscar nuevas fuentes de alimentos (van Baalen *et al.*, 2001). En otros casos puede ocurrir que cuando el número de presas es escaso se posponga la dispersión de los depredadores y se produzca canibalismo entre los individuos de esa población (Schausberger, 2003). En este estudio los individuos de *N. californicus* en numerosos casos abandonaron la unidad experimental con los potenciales recursos alimenticios ofrecidos, mientras que en el tratamiento control con *T. urticae* esto no ocurrió, siendo un indicador del escaso valor de estos recursos como alimento.

En cuanto a los muestreos adicionales realizados en tres especies vegetales silvestres en el momento en que estaban en floración se observó que la presencia de *N. californicus* se debió principalmente a la presencia de su presa, en las hojas de *L. amplexicuale* en invierno y de *C. arvensis* en verano. En *S. oleraceus* la escasa aparición de este depredador coincidió con la ausencia también de su presa.

A pesar de no haberse registrado al depredador en las flores colectadas, es importante la presencia de las mismas para favorecer la permanencia de este EN cuando *T. urticae* se encuentra a bajas densidades y un control efectivo cuando la población de la presa comienza a crecer. Escudero *et al.* (1999) registraron la presencia de *T. urticae* en *C. arvensis* y *S. oleraceus* y otras especies silvestres en inmediaciones de invernaderos pero el número de fitoseidos fue escaso registrándose a *N. californicus* entre otros.

Por todo lo expuesto anteriormente, podemos destacar la importancia de estudiar los recursos presentes en los predios hortícolas que favorecen la conservación de EN para el control de las plagas, ya que la diversidad *per se* no garantiza el éxito de la persistencia de los depredadores e indirectamente un control efectivo por parte de éstos.

En este estudio, *L. amplexicuale* y *U. urens* son dos de las especies silvestres que podrían favorecer la permanencia de *N. californicus* en los predios hortícolas ya que la floración de las mismas ocurre en otoño-invierno, cuando la densidad de la plaga es baja, y su polen permite su desarrollo, además de detectarse a su presa principal en ellas. Otra de las especies silvestres a tener en cuenta sería *C. arvensis* que presenta las mismas características que las anteriores, pero su floración se produce en los meses de verano. Si bien el polen de estas tres especies vegetales no permitiría el crecimiento de la población del depredador, ya que no dejó descendencia, la presencia de las mismas en las cercanías del cultivo de frutilla podría contribuir con la persistencia de su población y beneficiar el control de la plaga cuando ésta comienza a colonizar el cultivo.

En relación a *S. oleraceus*, si bien en laboratorio el polen permitió su desarrollo, esta planta mostró asociación con la frecuencia de aparición de moscas blancas y áfidos (Capítulo 4) por lo cual podría contribuir a la colonización y desarrollo de estos herbívoros en el cultivo.

Cabe destacar que la depredación intragremio (Schausberger & Walzer, 2001) de *N. californicus* así como la capacidad de pasar determinado tiempo en inanición (Greco *et al.*, 2005) son características que complementarían la posibilidad de alimentarse de otros recursos presentes en los predios hortícolas; beneficiando todos estos atributos la permanencia del depredador a lo largo del tiempo en los mismos.

SECCIÓN III

Control de *Tetranychus urticae* mediante el
uso de variedades apropiadas de frutilla

Capítulo 6. Evaluación de características biológicas de *Tetranychus urticae* y *Neoseiulus californicus* en distintas variedades de frutilla.

6.1. Introducción

La elección de la planta hospedadora por parte de los herbívoros está influenciada por varios factores, tales como la calidad nutricional y otras características físicas y químicas de la misma (Bernays & Chapman, 1994; van dem Boom, 2003; Oku *et al.*, 2006). Sin embargo, las plantas pueden emplear dos estrategias defensivas contra los herbívoros: la tolerancia, que es la capacidad de la planta para soportar la injuria de un herbívoro sin disminuir la calidad ni su rendimiento y la resistencia, que reduce la preferencia o desempeño del herbívoro en esa planta hospedadora (Strauss & Agrawal, 1999). Estas dos estrategias protegen a la planta de los efectos perjudiciales de los organismos fitófagos y no son mutuamente excluyentes. La diferencia entre ellas reside en que la tolerancia no previene la herbivoría y no produce ninguna presión de selección sobre los herbívoros (Mauricio *et al.*, 1997; Cuartero *et al.*, 1999; Kenkel, 2007).

La resistencia incluye características mecánicas y químicas que reducen el desempeño del herbívoro (antibiosis) o su preferencia (antixenosis) (Karban & Myers, 1989; Meaguer, 1994; Stout & Davis, 2009; El-Shafei *et al.*, 2010). Las plantas pueden expresar resistencia a través de defensas constitutivas o inducidas. Las primeras están siempre presentes, son de mayor costo metabólico e independiente de la injuria, mientras que las segundas son producidas por las plantas ante la presencia de la herbivoría (Karban & Baldwin, 1997).

Otro concepto asociado a la interacción planta-herbívoro es el de susceptibilidad, que se define por la inhabilidad de una planta o variedad para restringir el crecimiento y desarrollo de un herbívoro específico. Se dice que un cultivar o variedad de un cultivo es más resistente que otro más susceptible cuando alcanza un mayor rendimiento al ataque de una plaga.

La resistencia o susceptibilidad de un cultivo, o de variedades de un cultivo, al ataque de un herbívoro puede analizarse a través del estudio de su supervivencia y fecundidad, y de parámetros poblacionales, tales como sus tasas de incremento y tiempo generacional (Thompson, 1988; Yano *et al.*, 1998; Lourenço *et al.*, 2000; Xu *et al.*, 2010; Kahn, 2011). Estos estudios se complementan con la evaluación de diferentes características físicas (trichomas, ceras cuticulares, domatias, etc) (Krips *et al.*, 1998; Skorupska, 2004; Oku *et al.*,

2006) y químicas de la planta (English-Loeb & Karban, 1991; Steinete & Ievinsh, 2002) para interpretar los posibles mecanismos de defensa.

Las “arañuelas de las dos manchas” son altamente polífagas (Rodríguez & Rodríguez, 1987; Yano *et al.*, 1998) pero presentan un desempeño diferencial en las especies vegetales de las que se alimentan (Gotoh & Gomi, 2003; Greco *et al.*, 2006; El-Shafei & Gotoh, 2010), incluso entre variedades de un mismo cultivo (Krips *et al.*, 1998; Agrawal, 2000; Greco & Sánchez, 2003).

El cultivo de frutilla es uno de los preferidos por *T. urticae* (Klingen & Westrum, 2007) y presenta numerosas variedades con diferentes grados de susceptibilidad o de resistencia frente al ataque de este herbívoro y otras especies emparentadas (García-Ferrer *et al.*, 1993; Shanks *et al.*, 1995; Wold & Hutchinson, 2003; El-Shafei & Gotoh, 2010). Varias características de la historia de vida de un herbívoro, además de la supervivencia, tales como el tiempo de desarrollo y la fecundidad de las hembras son buenos indicadores de lo propicio que es un alimento para su crecimiento (Agrawal, 2000; Krips *et al.*, 1998). En las variedades en las que el herbívoro posee un tiempo de desarrollo más breve (y por ende un tiempo generacional más corto) y más alta fecundidad tendrá mayor potencialidad para su incremento poblacional. Según Sabelis (1985), en ácaros fitófagos los cambios en el tiempo de desarrollo son más importantes para el crecimiento de la población que cambios similares en la tasa de oviposición. Asimismo, varios autores han identificado variedades resistentes analizando además de la tasa de oviposición, la injuria producida en las hojas y el número de individuos presentes, con el objeto de desarrollar planes de mejoramiento varietal y de manejo de la plaga (Giménez-Ferrer *et al.*, 1993; Giménez-Ferrer *et al.*, 1994; Shanks & Moore, 1995; Shanks *et al.*, 1995; Petrova *et al.*, 2000; Wold & Hutchison, 2003; Kazak & Kibritçi, 2008).

Por otra parte se han realizado investigaciones con el fin de reconocer características físicas o químicas que puedan ofrecer resistencia frente al ataque de estos ácaros. Steinete & Ievinsh (2002) realizaron estudios sobre la actividad de enzimas oxidativas y producción de etileno en variedades de frutilla con diferente susceptibilidad a *T. urticae*, pero no pudieron determinar ningún mecanismo bioquímico que influya significativamente en la resistencia de estas variedades. Luzcynski (1988) encontró una correlación negativa entre el tiempo de desarrollo de *T. urticae* en hojas de frutilla con altas concentraciones de fenoles, además de encontrar una menor oviposición en variedades con mayor número de tricomas simples y glandulares. Sin embargo, Steinete & Ievinsh (2003) demostraron que la densidad de los tricomas simples depende del estado de la planta y de las condiciones de crecimiento y no constituiría un factor de resistencia.

Cuando el objetivo es realizar un Manejo Integrado de Plagas (MIP), además de considerar las interacciones planta- herbívoro es importante conocer las interacciones tritróficas existentes entre la planta, el herbívoro y los enemigos naturales (EN) relevantes para su control. Dos técnicas ampliamente utilizadas en el MIP son el uso de variedades resistentes y el control biológico. Ambas pueden ser combinadas, sin embargo no siempre resultan compatibles (Krips *et al.*, 1999), ya que las variedades hospedadoras pueden afectar negativamente la colonización, el desempeño y la efectividad de los EN en el control de la plaga (Bottrell & Barbosa, 1998).

Las plantas pueden influir negativamente sobre los EN, ya sea directamente, por la liberación de químicos repelentes o toxinas o por características físicas (tricomas, domatia, cera cuticular) que alteren su comportamiento de búsqueda, o indirectamente a través del efecto de estos factores sobre sus presas. Esto último ocurre cuando un herbívoro se alimenta de una planta con baja calidad nutricional lo cual disminuye su supervivencia y oviposición, y en consecuencia reduce también la efectividad del depredador, ya sea porque el recurso no es suficiente para mantener su población o porque la calidad nutricional de la presa es baja. La influencia de la planta puede ser también positiva, por la producción de volátiles químicos atrayentes o por características físicas que proveen refugios para su supervivencia (Bergman & Tingey, 1979; Price *et al.*, 1980; Boethel & Eikenbary, 1986; Price, 1986; Barbosa & Letourneau, 1988; Gould *et al.*, 1991; Fritz, 1992; Hare, 1992; Johnson & Gould, 1992; Johnson *et al.*, 1997; Vet Lem & Dicke, 1992; Krips *et al.*, 1999; Gontijo *et al.*, 2010).

Aunque el rango más amplio de respuestas está determinado por diferentes especies de plantas, las variedades de una misma planta cultivada también pueden afectar diferencialmente a los EN (Mc Govern & Cross, 1976; Treacy *et al.*, 1985; Kauffman & Kennedy, 1989; Hare, 1992; Ramnath & Uthamasamy, 1995; Riggin *et al.*, 1992; Eigenbrode *et al.*, 1996).

Como se ha mencionado anteriormente los tricomas son estructuras epidérmicas de la planta que influyen en la interacción planta-herbívoro y planta-herbívoro-EN. Se clasifican generalmente en no glandulares que producen resistencia mecánica limitando la locomoción, la alimentación y la oviposición de los herbívoros y de los depredadores, y en glandulares, que confieren resistencia química produciendo exudados nocivos (Levin, 1973).

En general se considera que existe una correlación positiva entre la pilosidad y la resistencia a los herbívoros, mientras que en relación a los EN, la pilosidad afecta negativamente la presencia y/o efectividad de los mismos (Turner, 1983; Barbosa & Letourneau, 1988; Greco *et al.*, 1998). En tabaco, los exudados de los pelos glandulares

dificultan el movimiento de las larvas de *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Belcher & Thurston, 1982). Sin embargo, algunas especies de coccinélidos aumentan su capacidad de búsqueda en variedades de repollo con mayor pilosidad ya que superficies glabras y cerosas impiden el desplazamiento sobre la hoja (Grevstad & Klepetka, 1992). *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) también presenta una tasa de depredación mayor en cultivos de soja con una mayor pubescencia (Stirsky *et al.*, 2006).

En relación a ácaros depredadores, Krips *et al.* (1999) encontraron que la eficiencia de búsqueda de *Phytoseiulus persimilis* y el consumo de presas fue afectado negativamente por las variedades de *Gerbera jamesonii* más pilosas. Resultados similares obtuvo Afzal & Bashir (2007) quien halló que la pilosidad y la longitud de los pelos influyeron negativamente en el desempeño de individuos de la familia Cunaxidae. En tomate, se ha observado un ineficiente control de *T. urticae* por *N. californicus* debido a la presencia de pelos glandulares en la planta (Cédola *et al.*, 2001). A su vez, varias especies de ácaros depredadores prefieren plantas con mayor pilosidad en su superficie foliar (Duso, 1992; Karban *et al.*, 1995; Walter, 1996) lo que podría deberse a que la humedad presente entre los tricomas reduce la mortalidad de sus huevos y además, los tricomas les brindan protección frente a sus depredadores (Krips *et al.*, 1999).

Existen numerosas variedades de frutilla en todo el mundo que presentan distintos grados de susceptibilidad a *T. urticae* (Lourençao *et al.*, 2000; Fadani *et al.*, 2004; Uselis *et al.*, 2006). Selva es una de las variedades tradicionales que se han estudiado extensamente en cuanto a su susceptibilidad frente a esta plaga. Otras variedades estudiadas, aunque en menor medida son Camarosa, y Sweet Charlie (Gimenez-Ferrer *et al.*, 1993; Shanks *et al.*, 1995). En cuanto al desempeño de los ácaros depredadores sobre distintas variedades de frutilla existe escasa información. Ahn *et al.* (2010) observaron que el consumo de diferentes estados de *T. urticae* por *N. californicus* no se vio influenciada por la pilosidad simple de dos variedades de frutilla.

El cultivo de frutilla presenta dos tipos de tricomas: los simples, que se encuentran principalmente en las venas y en los márgenes de las hojas, y los glandulares, que se distribuyen por toda la lámina. El tipo y densidad de los mismos pueden diferir entre variedades.

En la Argentina, se utilizan numerosas variedades de frutilla, aunque se desconoce el grado de susceptibilidad frente al ataque de *T. urticae* de muchas de ellas y cómo influyen en el desempeño de *N. californicus*. Además, por no ser la pilosidad de la planta una

característica de importancia agronómica se desconoce si existen diferencias de pilosidad entre las variedades.

La hipótesis general de este trabajo es que el desempeño de *T. urticae* y de *N. californicus* difieren en distintas variedades de frutilla. En particular, la pilosidad de la hoja constituye un mecanismo de defensa hacia el herbívoro y resulta adversa al EN.

Se plantean las siguientes predicciones

- El tiempo de desarrollo, la supervivencia preimaginal y la fecundidad de *T. urticae* serán diferentes en distintas variedades de frutilla.
- La tasa de consumo y la fecundidad de *N. californicus* serán diferentes en las distintas variedades.
- La pilosidad simple y glandular en las hojas de frutilla será diferente entre las distintas variedades.
- El tiempo de desarrollo y la fecundidad de *T. urticae* serán mayor y menor, respectivamente, en las variedades con mayor número de pelos simples y glandulares.
- La tasa de consumo y la fecundidad de *N. californicus* serán menores en las variedades con mayor número de pelos simples y glandulares.

El objetivo de este trabajo fue conocer el tiempo de desarrollo y la fecundidad de *T. urticae*, y la tasa de consumo y la fecundidad de *N. californicus* en las variedades de frutilla utilizadas en las principales zonas productivas de la Argentina. Se evaluó, además, el efecto de la pilosidad de la hoja sobre estas características.

6.2. Materiales y métodos

Colonias de *T. urticae* y *N. californicus*; y plantas de frutilla

El mantenimiento y acondicionamiento de las colonias de *T. urticae* y de *N. californicus* así como el de las plantas de frutilla que fueron utilizadas en estos ensayos fue el mismo descrito en el capítulo 3. Ambas colonias se mantuvieron bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y fotoperiodo: 25 ± 1 °C, 60-70 % HR y 14:10 L: O. Los ensayos se realizaron bajo estas mismas condiciones.

Estimación del tiempo de desarrollo, la supervivencia preimaginal y la fecundidad de *T. urticae* en distintas variedades de frutilla

Se estableció una cohorte de *T. urticae* por variedad constituida por una cantidad de huevos que varió entre 45 y 75, provenientes de 5 hembras de arañuela criadas sobre cada variedad. Los huevos fueron dispuestos individualmente en unidades experimentales, descritas en el Capítulo 3.

El tiempo de desarrollo y la supervivencia preimaginal de los individuos fueron registrados diariamente hasta el estado adulto. La supervivencia se estimó mediante el estimador producto-límite de Kaplan-Meier (1958). Los huevos que no eclosionaron al cuarto día se consideraron muertos ya que no es posible observar la mortalidad dentro del estado. La fecundidad de las hembras (huevos/hembra/día) se registró durante los 10 primeros días del período de oviposición. El número de réplicas por variedad fue entre 11 y 26.

La variación en el tiempo de desarrollo entre las distintas variedades fue analizada mediante la prueba de Kruskal Wallis, debido a que los datos no cumplieron los supuestos del análisis de la varianza paramétrico (ANOVA). Posteriormente, se hicieron comparaciones múltiples de los rangos promedio para cada par de grupos, calculando el valor de z-normal para cada comparación, así como su probabilidad (corregidas por el número de comparaciones) para un test de significancia de dos colas (Zar, 1996). Las curvas de supervivencia preimaginal se compararon mediante una prueba de comparaciones múltiples de Chi cuadrado y luego se hicieron comparaciones de a pares para identificar variedades diferentes entre sí, para lo cual se utilizó la prueba Wilcoxon de Gehan (Gehan & Thomas, 1969).

Las diferencias de fecundidad fueron analizadas mediante ANOVA de una vía y las medias se compararon con la prueba de Tukey.

Para cada característica analizada se identificaron dos grupos de variedades con niveles contrastantes (mayor y menor), según el siguiente criterio: dentro de un grupo la variable fue estadísticamente semejante y entre los grupos las comparaciones de a pares fueron significativamente diferentes. Aquellas variedades que no cumplieron con estos criterios se consideraron intermedias para cada característica.

En función del análisis del tiempo de desarrollo, la supervivencia preimaginal y la fecundidad combinados, se establecieron distintas categorías de susceptibilidad o resistencia. Los niveles de cada variable fueron interpretados como favorables (F) (menor tiempo de

desarrollo, mayor supervivencia y mayor fecundidad), desfavorables (D) (mayor tiempo de desarrollo, menor supervivencia y menor fecundidad) e intermedias (I) (tiempo de desarrollo, supervivencia preimaginal y fecundidad intermedios) para el crecimiento poblacional de *T. urticae*. Las variedades que mostraron niveles F para las tres variables fueron consideradas Susceptibles (S) y las que mostraron niveles D para las tres variables fueron consideradas Resistentes (R). Se clasificaron como de Susceptibilidad moderada (S-M) aquellas variedades que presentaron dos variables F y una D o I, como de Resistencia moderada (R-M) a las que tuvieron dos variables D y una F o I. Las variedades fueron consideradas Intermedias (I) cuando presentaron las tres variables I; dos I y una F, dos I y una D; y una F, una D y una I.

Estimación de la tasa de consumo y fecundidad de *N. californicus* en distintas variedades de frutilla

Se realizó un ensayo para evaluar la tasa de consumo y la fecundidad de *N. californicus* sobre seis variedades de frutilla (tratamientos): Albión, Aromas, Festival, Kp, Sabrosa y Whitney.

La unidad experimental consistió en un folíolo de frutilla de 4cm de diámetro colocado sobre un disco de agar de 5cm de diámetro y 3mm de alto, en una cápsula de Petri de 8cm de diámetro. Los discos se rodearon de agua para evitar el escape de los individuos y para mantener la humedad.

En cápsulas de Petri, con papel de filtro humedecido sobre una base de esponja floral se colocaron hojas de frutillas con 20 huevos del depredador y *T. urticae* como alimento. Al sexto y séptimo día se identificaron los individuos adultos en cópula y una vez finalizada la misma se colectaron las hembras que fueron colocadas individualmente en las unidades experimentales con cada variedad. Se les ofreció como alimento 5 huevos, 5 juveniles y 5 adultos de *T. urticae*, con reposición diaria. Se contabilizó el número de presas consumidas y la fecundidad a las 24, 48 y 72 horas. Se realizaron entre 10 y 20 réplicas por tratamiento (Figura 6.1).

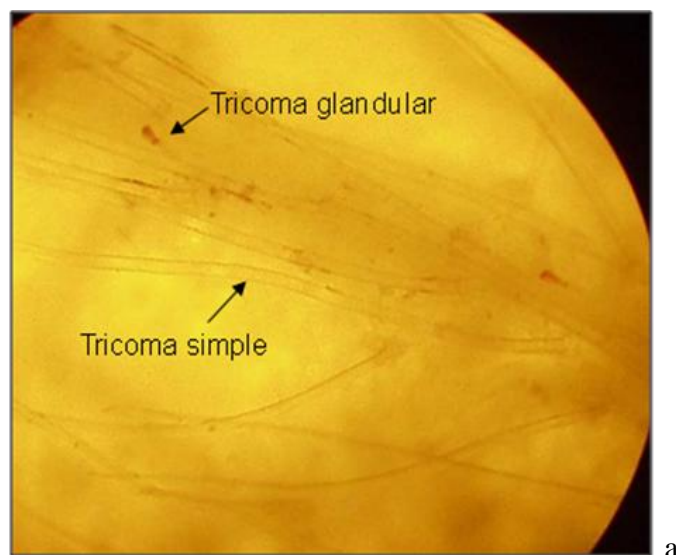
El consumo de presas y la fecundidad del depredador por unidad de tiempo en las distintas variedades se analizaron mediante ANOVA de medidas repetidas de una vía. Se realizó la prueba de esfericidad de Mauchly previo al análisis. Cuando este supuesto no se cumplió se realizó el ajuste de los grados de libertad del estadístico F por el método de Greenhouse-Geisser. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Bonferroni (Scheiner & Gurevitch, 2001).



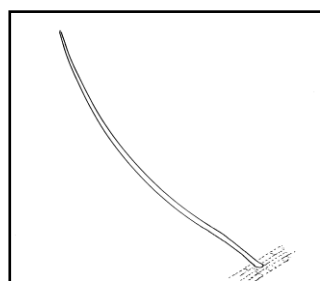
Figura 6.1. Unidades experimentales utilizadas para evaluar la tasa de consumo y la fecundidad de *Neoseiulus californicus* en distintas variedades de frutilla.

Variedades de frutilla y pilosidad de la hoja

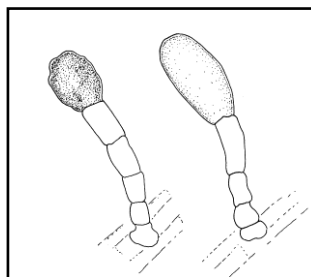
Se cuantificó la pilosidad simple y glandular de diferentes variedades de frutilla (Figura 6.2). Si bien ambas caras poseen pelos se analizó la superficie abaxial, porque los ácaros se ubican preferentemente en la misma. Los pelos simples son unicelulares y miden de 0,8 a 1mm de longitud, mientras que los pelos glandulares son pluricelulares, formados por una célula basal, varias células pedunculares y una célula distal redondeada que mide 0,04-0,05 mm de longitud (Steinete & Ievenish, 2003). Debido al tamaño de cada tipo de tricoma se utilizaron dos técnicas diferentes para cuantificarlos.



a



b



c

Figura 6.2. Tricomas de la hoja de frutilla. a) tricomas simples y glandulares en la superficie abaxial. b) detalle de pelo simple, c) detalle de tricomas glandulares. b) y c) no están dibujados a escala, las diferencias de tamaño se observan en a).

Se realizó el conteo de los tricomas simples en las siguientes variedades de frutilla: Albión, Aromas, Camarosa, Diamante, Festival, Kp, Sabrosa, Selva, Sweet Charlie y Whitney, utilizando una lupa binocular (x 80). Para ello se tomaron entre tres y 10 folíolos al azar de hojas maduras (totalmente expandidas) de cada variedad de frutilla y se contó el número de tricomas simples en una superficie de 25mm^2 que abarcó tanto una nervadura como la lámina. El número de pelos simples se expresó por mm^2 .

La cuantificación de los tricomas glandulares se llevó a cabo en las siguientes variedades: Albión, Aromas, Festival, Camarosa, Kp, Sabrosa y Whitney. Se realizó la diafanización y posterior coloración de folíolos de frutilla (O'Brien & McCully, 1981). Para ello se colocaron en una cápsula de petri folíolos de frutilla con hidróxido de sodio al 5% durante una semana para eliminar todo el contenido celular. Luego, se sumergieron en hipoclorito de sodio (cloro activo: 60 g/l) entre 8 a 10 minutos y se enjuagaron con agua destilada hasta su decoloración casi total. Con un sacabocados se tomaron discos de 1,8 cm de diámetro los cuales se colocaron en portaobjetos y se tiñeron con safranina (Figura 6.3).

Inmediatamente, se observaron bajo microscopio Olympus BX51(x 200) con contraste de fase y óptica de contraste interdifereencial. Se contó el número de pelos glandulares en 7 campos de cada disco, los cuales representan en conjunto 21,88 mm², el 8,6% de la superficie del disco. Se realizaron entre 7 y 12 repeticiones (discos) por variedad y el número de pelos glandulares fue estimado por 1 mm².

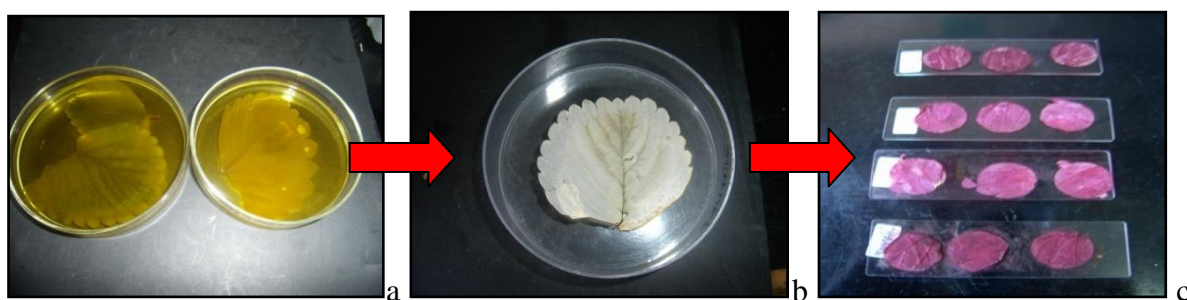


Figura 6.3. Diafanización y coloración de hojas de frutilla para la cuantificación de tricomas glandulares. a) folíolos de frutilla en hidróxido de sodio al 5% b) folíolo de frutilla después de sumergido en hipoclorito de sodio c) discos de frutilla teñidos con safranina.

Los datos de cada variable (número de pelos simples y número de pelos glandulares por mm²) se analizaron mediante ANOVA de una vía y posteriormente pruebas de Tukey para la comparación de medias. Cuando no se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad se aplicó a los datos la transformación raíz cuadrada, y si aún los supuestos no fueron cumplidos se realizó una prueba de Kruskal Wallis. Dos niveles contrastantes de pilosidad (alta pilosidad y baja pilosidad) fueron identificados de acuerdo a dos condiciones: a) la diferencia de pilosidad entre variedades dentro de un grupo no fue significativa estadísticamente, b) todas las comparaciones de a pares entre los grupos fue significativa.

Efecto de la pilosidad de la hoja

Cuando hubo diferencias significativas entre variedades en las características analizadas, se evaluó el efecto de la pilosidad de la hoja.

Las variables se compararon en las variedades contrastantes de pilosidad mediante un ANOVA anidado (con las variedades anidadas dentro del grado de pilosidad: alta y baja pilosidad). Cuando no se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad se aplicó la prueba de Kruskal Wallis.

6.3. Resultados

Tiempo de desarrollo, supervivencia preimaginal y fecundidad de *T. urticae* en diferentes variedades de frutilla.

El tiempo de desarrollo de huevo a adulto de *T. urticae* mostró diferencias significativas entre variedades ($H_{(9, N=504)} = 64,69$; $P < 0,01$) (Figura 6.4). Las variedades Aromas y Kp presentaron el menor tiempo de desarrollo formando un grupo contrastante con el integrado por Festival, Diamante, Sabrosa, Selva y Sweet Charlie que presentaron los valores mayores. Albión, Camarosa y Whitney presentaron valores intermedios (Tabla 6.1).

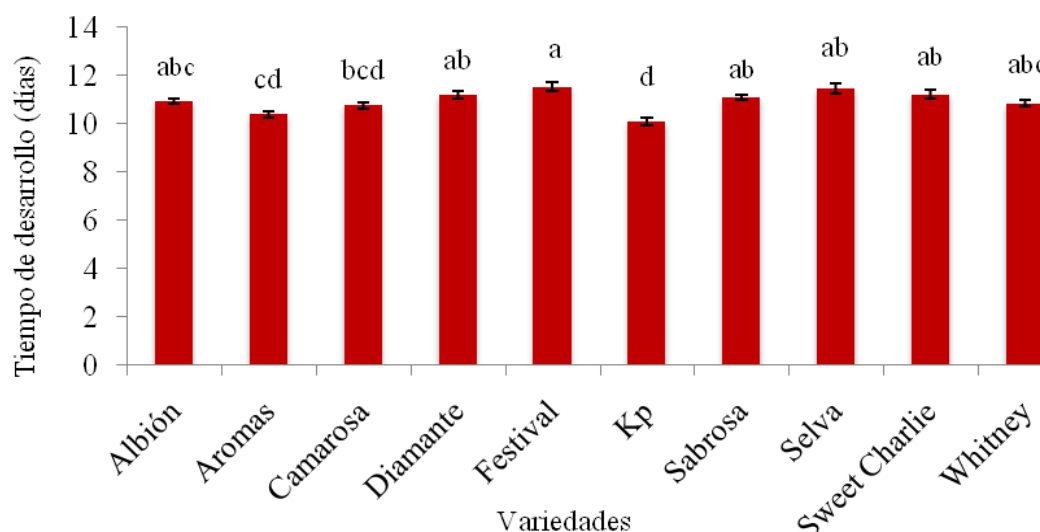


Figura 6.4. Tiempo de desarrollo (días) de huevo a adulto de *Tetranychus urticae* en distintas variedades de frutilla. Las barras negras indican el error estándar. Las columnas con letras iguales no son diferentes significativamente ($P < 0,05$, Test de Kruskal Wallis).

La supervivencia preimaginal de *T. urticae* fue significativamente distinta entre variedades ($\chi^2 = 72,22$; $gl = 9$; $P < 0,001$) (Figura 6.5). Se encontraron dos grupos contrastantes según la comparación de a pares (prueba de Wilcoxon de Gehan, $P < 0,05$): uno formado por las variedades Kp y Whitney en las que la supervivencia fue menor, otro por Camarosa, Selva, Sabrosa, Sweet Charlie, Festival y Aromas en las que fue mayor. En Diamante y Albión fue intermedia (Tabla 6.1).

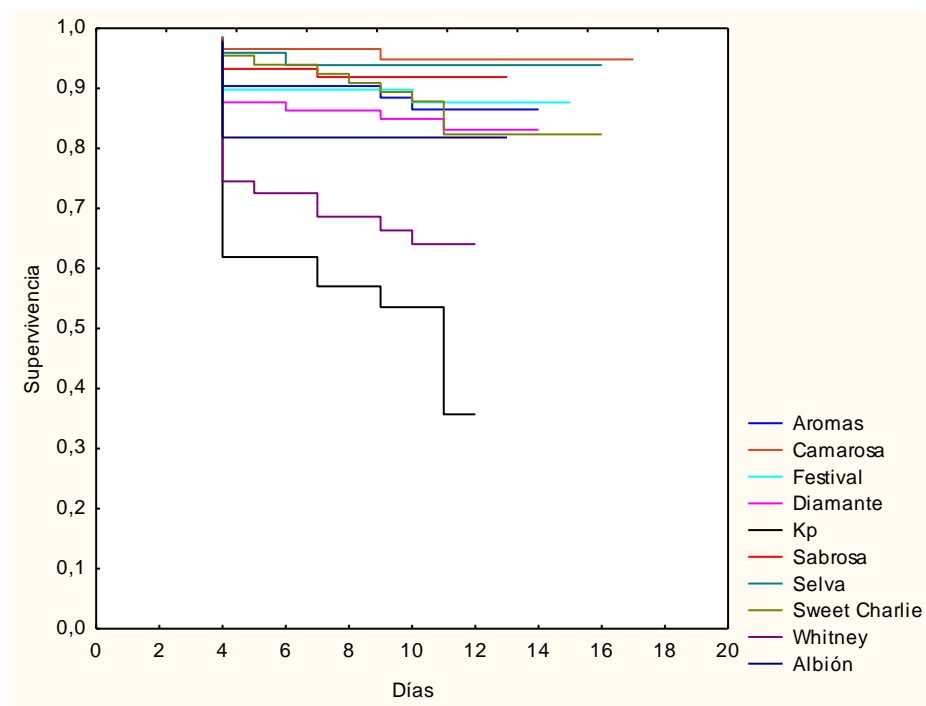


Figura 6.5. Supervivencia preimaginal de *Tetranychus urticae* en distintas variedades de frutilla.

La fecundidad de *T. urticae* también se diferenció entre las variedades estudiadas ($F = 6,31$; $gl = 9, 115$; $P < 0,001$) (Figura 6.6). Las variedades Festival y Aromas presentaron la menor fecundidad formando un grupo contrastante con el integrado por Albión y Kp de más alta fecundidad. Camarosa, Diamante, Festival, Sabrosa, Selva, Sweet Charlie y Whitney presentaron valores intermedios (Tabla 1).

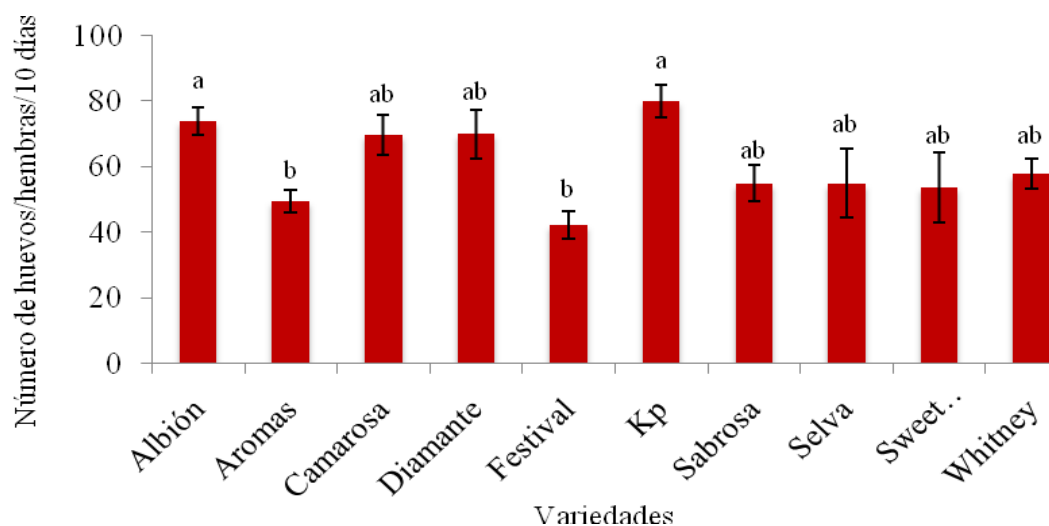


Figura 6.6. Fecundidad de *Tetranychus urticae* sobre distintas variedades de frutilla. Las barras negras indican el error estándar. Las columnas con la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$, Test de Tukey).

En la Tabla 6.1 se presentan las características de *T. urticae* identificadas por sus valores relativos como más favorables, desfavorables, o intermedios entre estos dos extremos, para el crecimiento poblacional en distintas variedades. Las variedades Kp y Aromas fueron categorizadas como de susceptibilidad intermedia (S-I). En Kp *T. urticae* presentó un corto tiempo de desarrollo y una alta fecundidad (favorables), mientras que la supervivencia preimaginal fue baja (desfavorable). En Aromas el tiempo de desarrollo fue corto y la supervivencia alta (favorables), pero la fecundidad fue baja (desfavorable). Festival fue la única variedad clasificada como de resistencia intermedia (R-I) ya que exhibió un mayor tiempo de desarrollo y la menor fecundidad (desfavorables) aunque la supervivencia fue alta (favorable).

Tabla 6.1. Categorización del tiempo de desarrollo, la supervivencia preimaginal y la fecundidad de *Tetranychus urticae* como favorables F, desfavorables D e intermedios I para el crecimiento poblacional sobre las variedades de frutilla más utilizadas en la Argentina, y clasificación de las mismas de acuerdo a la combinación de estas características de la plaga en (S): susceptibles; (S-M): de susceptibilidad moderada; (I): Intermedias entre susceptibles y resistentes; (R-M): de resistencia moderada y (R) resistentes.

Variedades	Tiempo de desarrollo	Supervivencia preimaginal	Fecundidad	Clasificación
Albión	I	I	F	(I)
Aromas	F	F	D	(S-M)
Camarosa	I	F	I	(I)
Diamante	D	I	I	(I)
Festival	D	F	D	(R-M)
Kp	F	D	F	(S-M)
Sabrosa	D	F	I	(I)
Selva	D	F	I	(I)
Sweet Charlie	D	F	I	(I)
Whitney	I	D	I	(I)

Tasa de consumo y fecundidad de *N. californicus* en diferentes variedades de frutilla

El consumo total de huevos, ninfas y adultos de *T. urticae* por hembras adultas de *N. californicus* difirió entre variedades y en el tiempo (hembras de 24, 48 y 72 h) siendo significativa la interacción entre ambos factores (Tabla 6.2). El consumo fue mayor en Albión que en Sabrosa y se observó una tendencia a un menor consumo a las 24h que a las 48h y 72h en Aromas, Sabrosa y Whitney, aunque la diferencia sólo fue significativa en esta última variedad (Figura 6.7).

Tabla 6.2. Resultados del ANOVA de medidas repetidas para el consumo total de presas de *Tetranychus urticae* por *Neoseiulus californicus*

	gl efecto	gl error	F	P
Variedad	5	74	4,73	<0,001
Tiempo	2	148	7,81	<0,001
Tiempo*Variedad	10	148	2,09	0,029

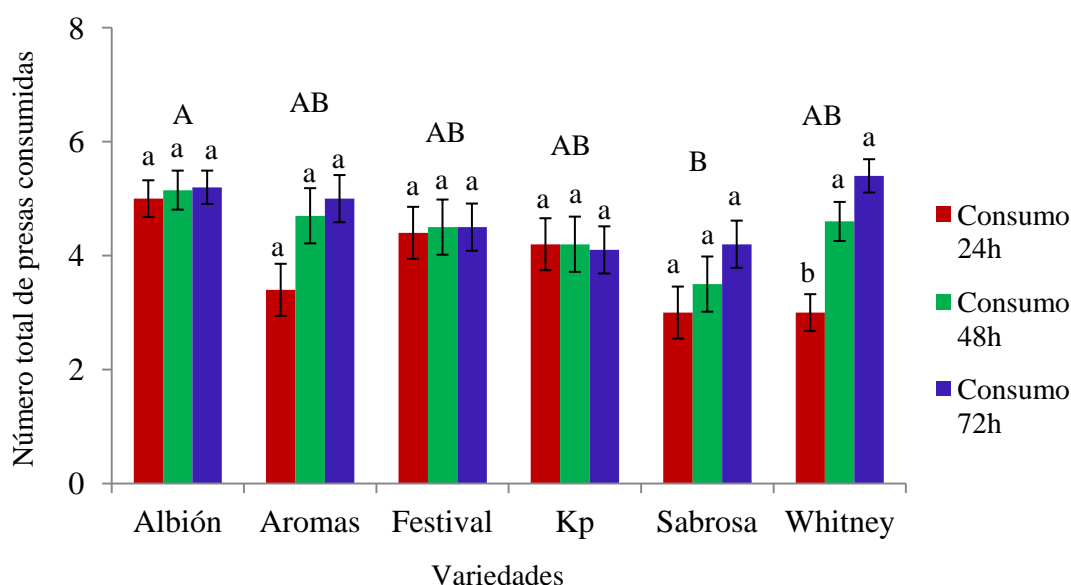


Figura 6.7. Consumo total de presas (huevos, ninfas y adultos de *Tetranychus urticae*) por *Neoseiulus californicus* sobre diferentes variedades de frutilla, a las 24, 48 y 72h. Las barras negras indican el error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que el consumo no difirió significativamente entre variedades, y letras minúsculas iguales en cada variedad indican que no hubo diferencias significativas del consumo en el tiempo ($P < 0,05$, Test de Bonferroni).

Analizando por separado el consumo de *N. californicus* sobre cada estado de desarrollo de la presa, se encontró que el consumo de huevos fue semejante en todas las variedades y a las 24, 48 y 72h (Tabla 6.3) (Figura 6.8), mientras que el consumo de ninfas fue diferente entre variedades y en el tiempo, siendo significativa la interacción entre los dos factores (Tabla 6.4). El consumo fue menor en Kp y Sabrosa que en Albión, y resultó mayor a las 72 h solamente en la variedad Aromas (Figura 6.9). El consumo de adultos fue semejante entre las variedades y mayor a las 72h (Tabla 6.5) (Figura 6.10).

Tabla 6.3. Resultados del ANOVA de medidas repetidas para el consumo de huevos de *Tetranychus urticae* por *Neoseiulus californicus*.

	gl efecto	gl error	F	P
Variedad	5	74	1,95	0,09
Tiempo	2	148	0,76	0,47
Tiempo*Variedad	10	148	0,7	0,71

Tabla 6.4. Resultados del ANOVA de medidas repetidas para el consumo de ninfas de *Tetranychus urticae* por *Neoseiulus californicus*. ¹Grados de libertad ajustados por el método de Greenhouse-Geisser (ξ : 0,905).

	gl efecto	gl error	P	gl efecto ¹	gl error ¹	F	P Aj.
Variedad	5	74	<0,001			5,58	
Tiempo	2	148	0,04	1,81	133,89	3,18	0,05
Tiempo*Variedad	10	148	0,02	9,05	133,89	2,25	0,02

Tabla 6.5. Resultados del ANOVA de medidas repetidas del consumo de adultos de *Tetranychus urticae* por *Neoseiulus californicus*.

	gl efecto	gl error	F	P
Variedad	5	74	0,59	0,71
Tiempo	2	148	9,09	<0,001
Tiempo*Variedad	10	148	0,69	0,73

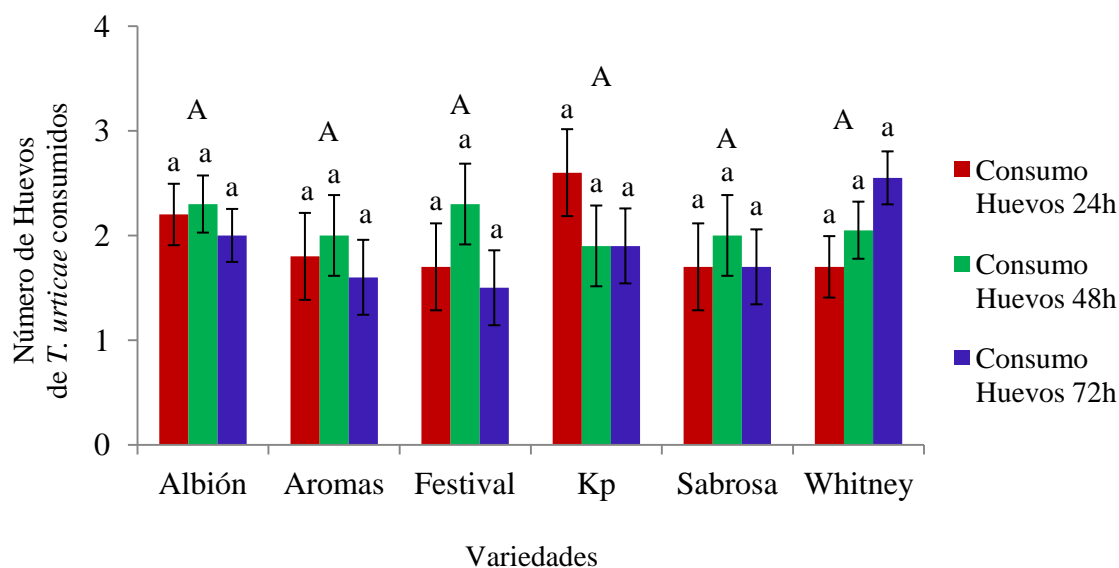


Figura 6.8. Consumo de huevos de *Tetranychus urticae* por *Neoseiulus californicus* sobre diferentes variedades de frutilla, a las 24, 48 y 72h. Las barras negras indican el error est3ndar. Letras may3sculas iguales indican que el consumo no difiri3 significativamente entre variedades, y letras min3sculas iguales en cada variedad indican que no hubo diferencias significativas del consumo en el tiempo ($P < 0,05$, Test de Bonferroni).

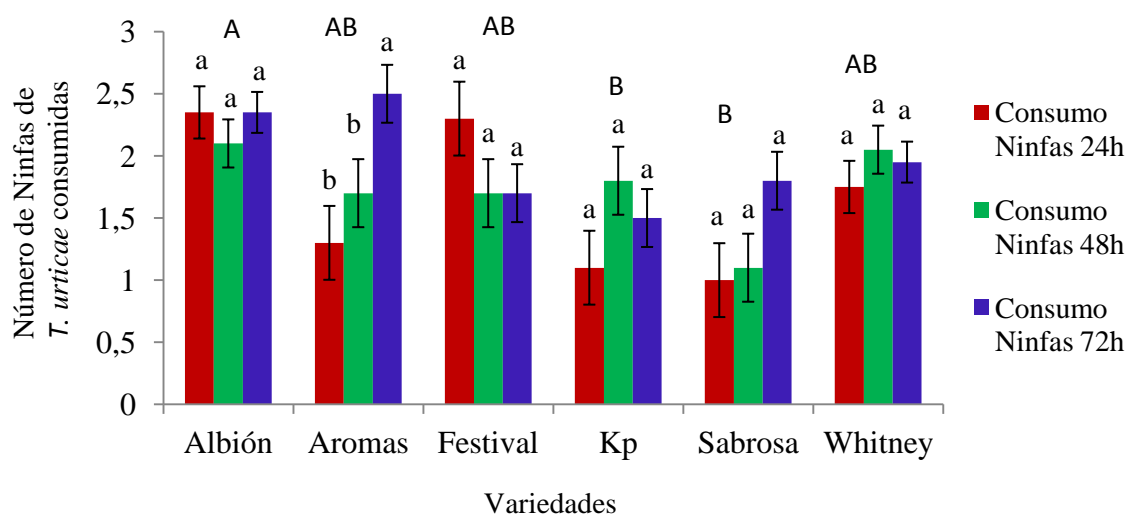


Figura 6.9. Consumo de ninfas de *Tetranychus urticae* por *Neoseiulus californicus* sobre diferentes variedades de frutilla, a las 24, 48 y 72h. Las barras negras indican el error est3ndar. Letras may3sculas iguales indican que el consumo no difiri3 significativamente entre variedades, y letras min3sculas iguales en cada variedad indican que no hubo diferencias significativas del consumo en el tiempo ($P < 0,05$, Test de Bonferroni).

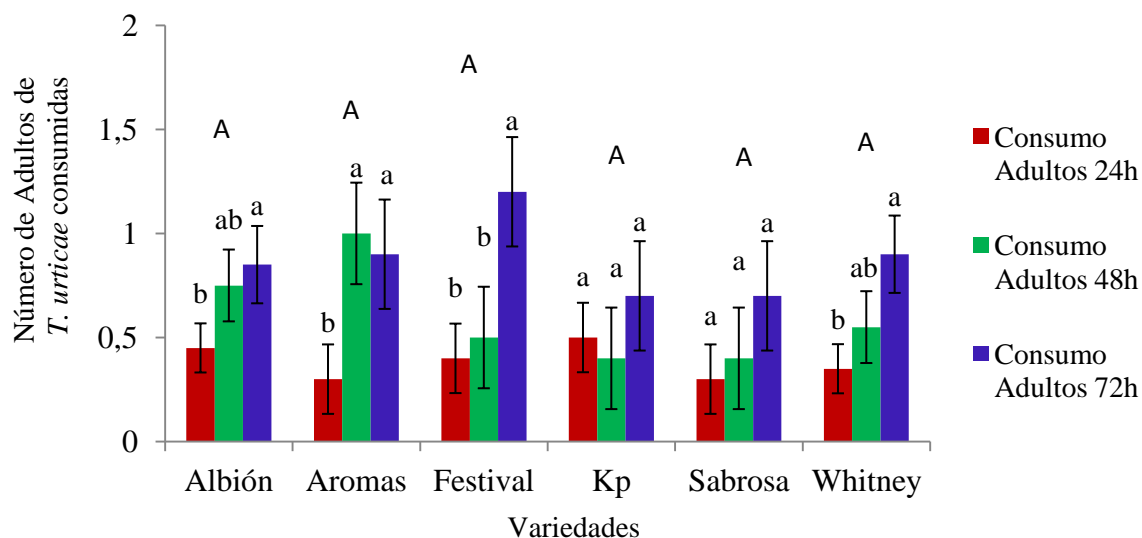


Figura 6.10. Consumo de adultos de *Tetranychus urticae* por *Neoseiulus californicus* sobre diferentes variedades de frutilla, a las 24, 48 y 72h. Las barras negras indican el error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que el consumo no difirió significativamente entre variedades, y letras minúsculas iguales en cada variedad indican que no hubo diferencias significativas del consumo en el tiempo ($P < 0,05$, Test de Bonferroni).

La fecundidad de *N. californicus* no difirió significativamente en las variedades de frutilla utilizadas en este ensayo, sin embargo se observaron diferencias a lo largo del tiempo (Tabla 6.6) siendo mayor a las 72h (Figura 6.11).

Tabla 6.6. Resultados del ANOVA de medidas repetidas para la fecundidad de *Neoseiulus californicus*. ¹Grados de libertad ajustados por el método de Greenhouse-Geisser (ξ : 0,905).

	gl efecto	gl error	P	gl efecto ¹	gl error ¹	F	P Aj.
Variedad	5	74	0,106			1,892	
Tiempo	2	148	<0,001	1,812	134,082	41,942	<0,001
Tiempo*Variedad	10	148	0,918	9,060	134,082	0,452	0,918

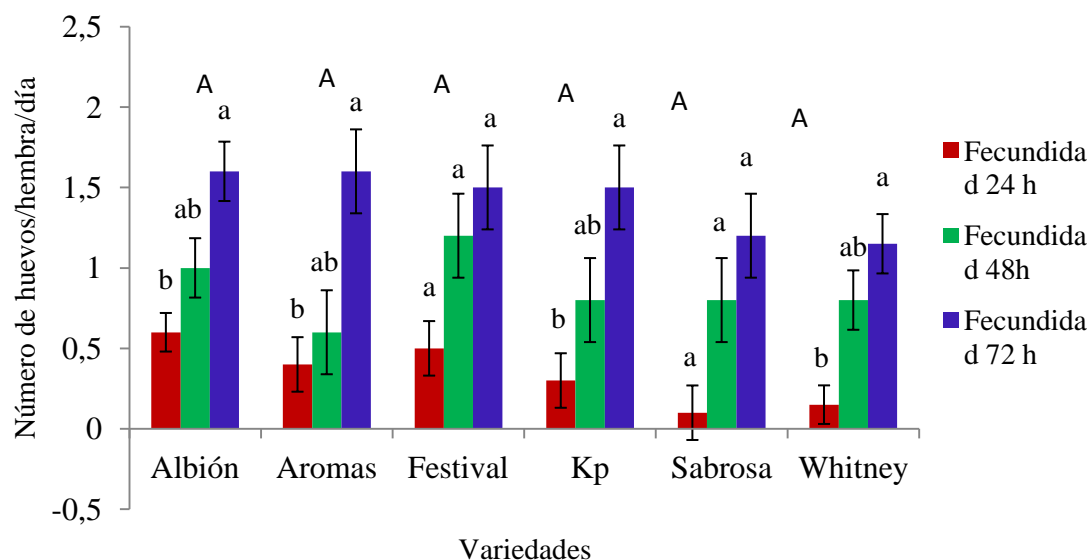


Figura 6.11. Fecundidad de *Neoseiulus californicus* sobre diferentes variedades de frutilla, a las 24, 48 y 72h. Las barras negras indican el error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que el consumo no difirió significativamente entre variedades, y letras minúsculas iguales en cada variedad indican que no hubo diferencias significativas del consumo en el tiempo ($P < 0,05$, Test de Bonferroni).

Pilosidad de la hoja de frutilla

El número de pelos simples presentes en las hojas de frutilla fue significativamente diferente entre variedades ($F = 5,81$; $gl = 9, 46$; $P < 0,01$) (Figura 6.12). De acuerdo a los criterios establecidos para identificar grupos contrastantes, se encontró un grupo homogéneo de variedades con alta pilosidad (Albión, Aromas, Camarosa, Diamante, Kp, Sabrosa, Selva, Sweet Charlie) mientras que el de baja pilosidad estuvo formado por una única variedad, Whitney. La variedad Festival presentó pilosidad simple intermedia.

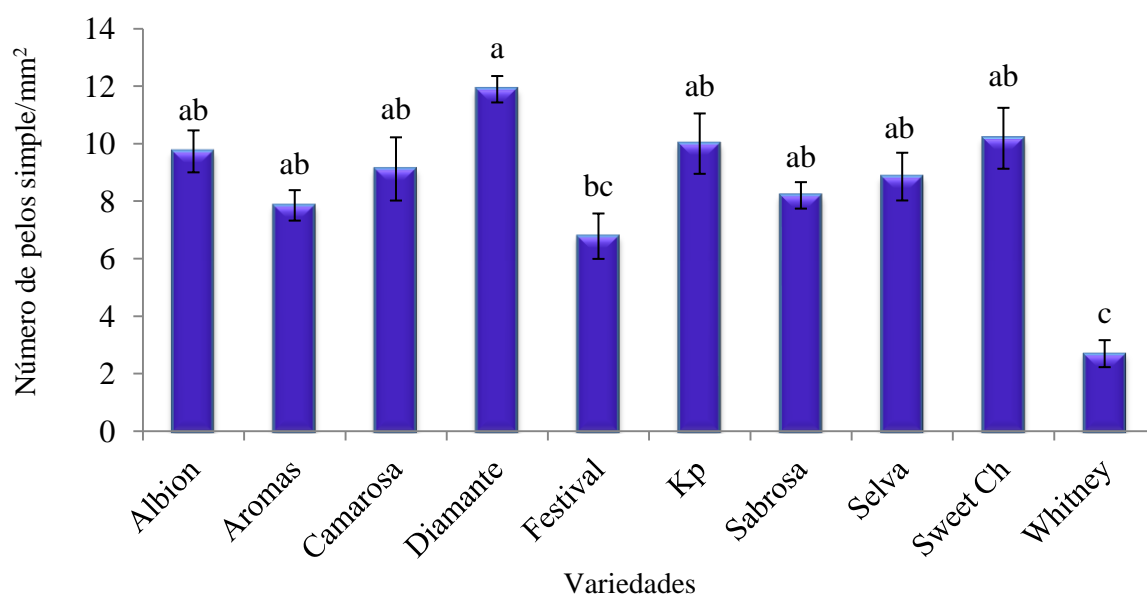


Figura 6.12. Número promedio de pelos simples por mm² en las hojas de frutillas de las variedades más utilizadas en la Argentina. Las barras negras indican el error estándar. Las columnas con la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$, Test de Tukey)

El número de pelos glandulares también difirió ($H_{(6, N=66)} = 53,56$; $P < 0,01$) entre variedades (Figura 6.13). Se identificaron variedades dentro de dos grupos contrastantes de pilosidad glandular. Las variedades Albión, Aromas y Festival pertenecieron al grupo de alta pilosidad; mientras que Sabrosa, Whitney y Kp correspondieron al de baja pilosidad. Camarosa no fue incluida en ninguno de los grupos por tener pilosidad intermedia.

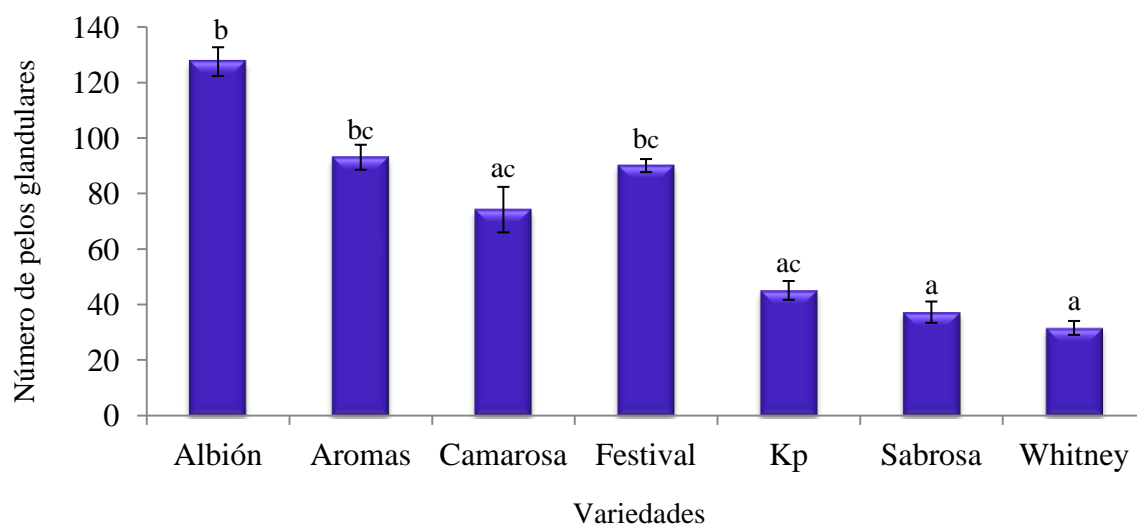


Figura 6.13. Número promedio de pelos glandulares por mm² en las hojas de frutillas de las variedades más utilizadas en la Argentina. Las barras negras indican el error estándar. Las columnas con la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$, Test de Kruskal Wallis).

Efecto de la pilosidad de la hoja sobre *T. urticae* y *N. californicus*

El efecto de pilosidad simple no se pudo evaluar debido a la ausencia de dos grupos contrastantes de pilosidad, como se mencionó anteriormente. Al analizar la pilosidad glandular como un factor que podría influir sobre *T. urticae* se encontraron los siguientes resultados: a) El tiempo de desarrollo de *T. urticae* de huevo a adulto, no difirió significativamente entre las variedades con alta y baja pilosidad ($H_{(1, N=285)} = 0,513$; $P = 0,474$); b) no existieron diferencias significativas de fecundidad de *T. urticae* entre las variedades con alta pilosidad y con baja pilosidad (Tabla 6.7), y se encontraron diferencias entre variedades del mismo grupo. La fecundidad fue mayor en Albión que en Aromas y Festival, todas con alta pilosidad, y en Kp se observó una mayor fecundidad que en Sabrosa y Whitney, todas con baja pilosidad (Figura 6.14).

Tabla 6.7. Resultados del ANOVA anidado de la fecundidad de *Tetranychus urticae* sobre variedades de frutilla con alta y baja pilosidad glandular en la hoja.

	gl	F	P
Pilosidad	1	0,53	0,51
Variedades	4	13,15	<0,001
Error	98		

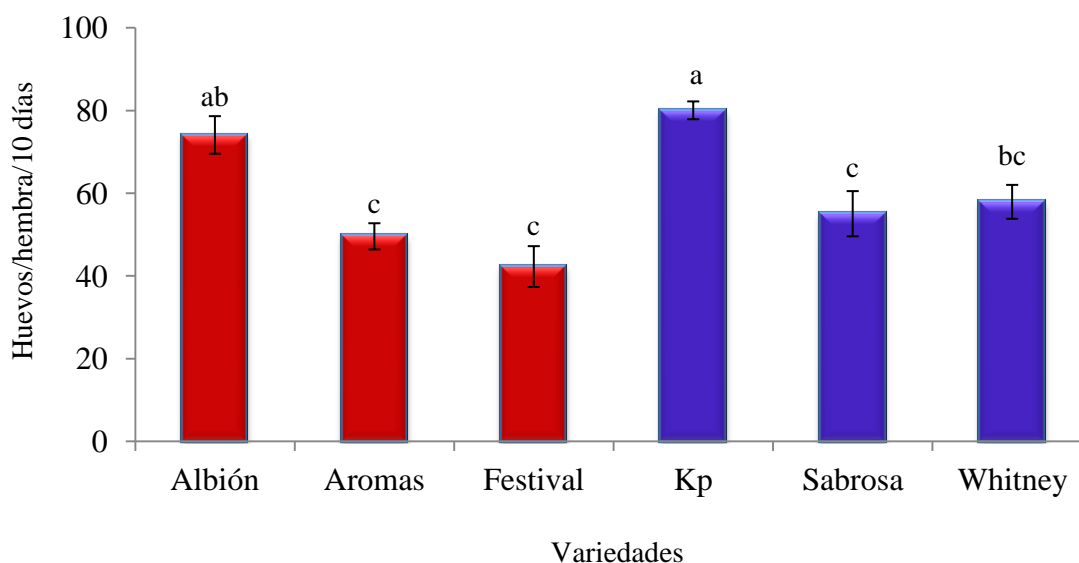


Figura 6.14. Fecundidad de *Tetranychus urticae* en variedades de frutilla con alta pilosidad (columnas rojas) y baja pilosidad (columnas naranjas) glandular. Las barras indican el error estándar. Las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($P < 0,05$, Test de Tukey).

El consumo de presas por *N. californicus* no varió en relación a la pilosidad glandular de la hoja pero existieron diferencias entre variedades (Tabla 6.8). Sabrosa mostró el menor consumo, el cual fue significativamente diferente del de Whitney y Albión. Puede observarse que estas últimas pertenecen a grupos contrastantes de pilosidad y sin embargo el consumo de *N. californicus* fue semejante (Figura 6.15).

Tabla 6.8. Resultados del ANOVA anidado del consumo de presas por *Neoseiulus californicus* en variedades de frutilla con alta y baja pilosidad glandular en la hoja

	gl	F	P
Pilosidad	1	3,51	0,065
Variedades	4	5,92	<0,001
Error	74		

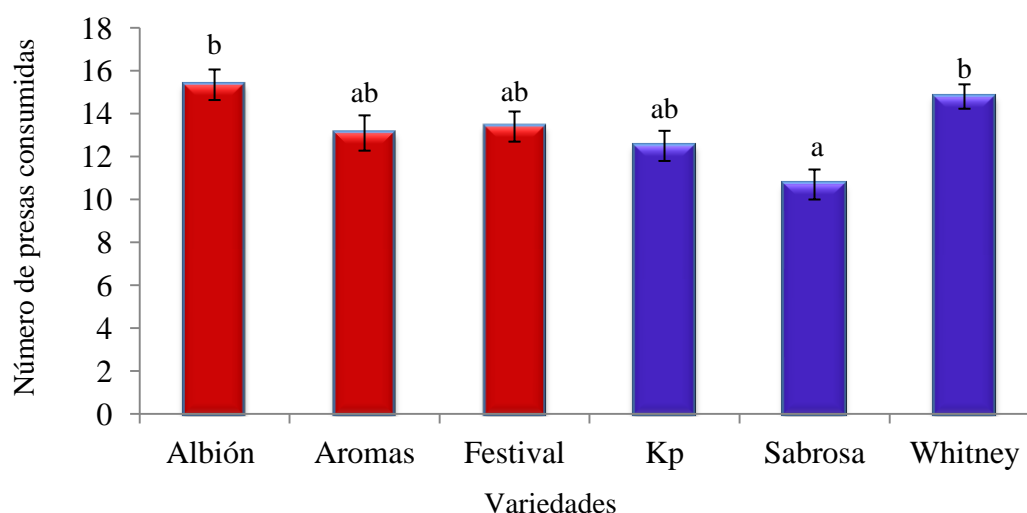


Figura 6.15. Consumo de *Neoseiulus californicus* a las 72h de diferentes estados de desarrollo de *Tetranychus urticae* en variedades de frutilla con alta pilosidad (columnas verdes) y baja pilosidad glandular (columnas azules). Las barras negras indican el error estándar. Las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($P < 0,05$, Test de Tukey).

El efecto de la pilosidad glandular sobre la fecundidad de *N. californicus* no fue analizado porque esta característica no exhibió diferencias significativas entre variedades.

6.4. Discusión

La susceptibilidad y la resistencia de variedades de frutilla a *T. urticae* han sido documentadas por varios autores (Giménez Ferrer *et al.*, 1993; Lourençao *et al.*, 2000; Fadani *et al.*, 2004; Uselis *et al.*, 2006). Shanks & Moore (1995) mediante la cuantificación de individuos de *T. urticae* en numerosos clones de *F. x ananassa*, *F. chiloensis* y *F. virginiana* identificaron también germoplasmas resistentes para la producción de variedades que requieran una mínima aplicación de plaguicidas. Los resultados de este trabajo aportan evidencia sobre distinto grado de susceptibilidad a esta plaga de variedades de frutilla utilizadas en la Argentina. Las variedades Kp (con tiempo de desarrollo y fecundidad favorables aunque supervivencia baja) y Aromas (con tiempo de desarrollo y supervivencia de *T. urticae* favorables aunque fecundidad baja) presentaron una susceptibilidad moderada. En cambio, Festival mostró resistencia moderada ya que el tiempo de desarrollo y la fecundidad fueron desfavorables para *T. urticae*, pero la supervivencia preimaginal fue baja. Las restantes variedades estudiadas pueden considerarse de susceptibilidad o resistencia intermedia.

Kazak & Kibritçi (2008) analizaron, entre otras variedades, a Camarosa, Sweet Charlie y Selva, como hospedadoras de *T. cinnabarinus* Boisducin y no encontraron diferencias en el tiempo de desarrollo entre ellas, coincidiendo con los resultados del presente estudio para *T. urticae*. Por otra parte, estos autores encontraron diferencias en la tasa intrínseca de crecimiento, considerando a Sweet Charlie la variedad menos favorable para el incremento poblacional de este ácaro entre las variedades analizadas. Según las variables medidas, en esta investigación Sweet Charlie presentó una susceptibilidad o resistencia intermedia, al igual que Selva. Los resultados obtenidos para Selva, una de las variedades más extensamente estudiadas a nivel mundial, coinciden con lo reportado por otros autores (Giménez-Ferrer, 1993; Shanks & Moore, 1995; Labanowska, 2007; Kazak & Kibritçi, 2008). Por otra parte, Greco & Sánchez (2003) reportaron la existencia de susceptibilidad inducida por *T. urticae* en esta variedad.

En el CHP la variedad Selva fue reemplazada, aproximadamente desde el año 2006, por Festival y más tarde por Aromas (Zembo, J.C., comunicación personal) que es la más utilizada en la actualidad. En el norte de la Argentina, Camarosa es una variedad muy utilizada ya que se adapta mejor a las condiciones de esa región del país (Kirshbaum, D., comunicación personal) y en este estudio resultó de susceptibilidad o resistencia intermedia.

El comportamiento diferencial de *T. urticae* observado en las distintas variedades podría deberse a numerosas características físicas y químicas de las plantas que afectan su desempeño. La pubescencia foliar es una de las características más estudiadas, asociadas a la resistencia frente a los artrópodos, porque provee una barrera defensiva frente a varios insectos y ácaros fitófagos (Webster, 1975). Sin embargo, en un estudio realizado por Harvey & Martin (1980) se encontró una mayor densidad de *Eriophyes tulipae* Keifer en variedades de trigo con una densa pubescencia. Luczinsky *et al.* (1990) encontraron una correlación negativa entre la pilosidad simple y la oviposición de *T. urticae* en variedades de *F. chiloensis* y resultados similares se obtuvieron en cultivos de manzana (Skorupska, 2004).

Si bien en este trabajo no se identificaron grupos de variedades de frutilla contrastantes en relación a la pilosidad simple, por lo cual no se pudo realizar una prueba estadística del efecto de este factor, en Whitney que fue la única con baja pilosidad, la oviposición de *T. urticae* no difirió de la de variedades con alta pilosidad. Esto coincidiría con Steinte & Ievenish (2003) y Torre Figueiredo *et al.*, (2012) quienes observaron que la pilosidad simple no sería un factor de resistencia para *T. urticae*. Este último autor encontró un número menor de tricomas simples por mm² en tres variedades que coincidieron con las utilizadas en este estudio, Aromas, Camarosa y Sweet Charlie. Esto confirma que esta característica es muy variable y dependería del estado de la planta y de las condiciones de crecimiento, como fue observado por Steinete & Ievenish (2003).

La pilosidad glandular tampoco constituiría un factor de resistencia entre las variedades de frutilla estudiadas, ya que no se encontraron diferencias significativas en el tiempo de desarrollo y la fecundidad de las hembras de *T. urticae* entre las variedades con alta y baja pilosidad glandular. Dos variedades utilizadas en nuestro estudio, Aromas y Camarosa presentaron una pilosidad similar por mm² a la registrada por Torre Figueiredo *et al.* (2012), aunque mostraron una correlación negativa entre la distancia recorrida por *T. urticae* y la densidad de tricomas glandulares en la hoja de frutilla, siendo los que contribuirían en mayor medida a la resistencia. Luczinsky *et al.* (1990) indicaron una relación negativa entre el número de pelos glandulares en variedades de *F. chiloensis* y la supervivencia de *T. urticae*. Van den Boom *et al.* (2003) encontraron que en el cultivo de tabaco la densidad de la pilosidad glandular no influyó en el grado de aceptación por *T. urticae*, pero la supervivencia fue menor en cultivos con mayor número de pelos glandulares. Los tricomas glandulares del cultivo de tomate también impidieron que individuos de *T. evansi* logaran desarrollarse en aquellas variedades de tomate con una alta densidad de pelos glandulares en los que se han encontrado compuestos tóxicos (Onyambus *et al.*, 2011). Cabe aclarar que los pelos de estas

especies pertenecientes a la familia Solanaceae son predominantes en toda la hoja, con diferente estructura y de mayor tamaño que los de la hoja de frutilla.

Con respecto al depredador y su desempeño en las distintas variedades estudiadas, *N. californicus* presentó un mayor consumo de presas en Albión que en Sabrosa, pero la fecundidad no difirió entre variedades.

La pilosidad glandular, no influyó en la tasa de consumo y en la fecundidad de este fitoseido. No obstante, en otros cultivos, como por ejemplo el de tomate los pelos glandulares afectaron negativamente la respuesta funcional y numérica de este depredador (Cédola *et al.*, 2001). Probablemente esto se deba a que los tricomas glandulares de la hoja de tomate son de mayor tamaño que los tricomas de la hoja de frutilla, por lo que los exudados liberados, además de ser tóxicos, dificultan el desplazamiento. Por otra parte, la densidad de pelos simples de la hoja de *Gerbera jamesonii* impidió el buen desplazamiento del predador *Phytoseiulus persimilis* y la tasa de consumo disminuyó en variedades más pilosas cuando la densidad de la presa fue baja (Krips *et. al.*, 1999). Ahn *et al.* (2010) encontraron que la respuesta funcional de *N. californicus* no se vio influenciada por la pilosidad simple de dos variedades de frutilla, Maehyang y Sulhyangd, aunque estas variedades presentaron un número de pelos menor que el observado en las variedades utilizadas en este trabajo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, algunas de las variedades evaluadas presentaron diferente grado de resistencia o susceptibilidad a *T. urticae* y afectaron diferencialmente la tasa de consumo del depredador *N. californicus*. La pilosidad de la hoja no fue identificada como el factor responsable de las diferencias encontradas. La variedad Festival podría ser una de las candidatas a ser incluídas en un MIP, ya que fue clasificada como de resistencia moderada a *T. urticae* y la tasa de consumo de *N. californicus* fue intermedia. Albión, si bien mostró resistencia intermedia, la tasa de consumo del depredador fue relativamente más alta sobre ella que sobre las otras variedades, por lo cual también debería ser tenida en cuenta en un MIP. Sabrosa presentó resistencia o susceptibilidad intermedia a la plaga pero el depredador tuvo en esta variedad la menor tasa de consumo, por lo cual no sería apropiada en un MIP que contemple el CB mediante este agente de control.

Estudios sobre el desempeño de *T. urticae* y *N. californicus* a campo serán pertinentes para disponer la incorporación en el MIP de las variedades identificadas en el laboratorio como favorables para el CB.

Capítulo 7. Consideraciones finales y pautas para el Manejo Integrado de *Tetranychus urticae* en cultivos de frutilla en el Cinturón Hortícola Platense.

La implementación del Manejo Integrado de Plagas (MIP) requiere identificar las plagas y enemigos naturales (EN), entender su biología y ecología, y las interrelaciones que ocurren entre los niveles tróficos planta-herbívoro-EN, además de desarrollar técnicas de monitoreo e incorporar el concepto de nivel de daño económico (NDE) para la toma de decisiones de las acciones de control.

El monitoreo realizado periódicamente permite estimar la abundancia de las plagas y de sus EN en el cultivo y en base a la densidad obtenida, contrastada con el nivel daño económico (NDE), tomar decisiones de control.

El concepto de NDE se refiere a la densidad poblacional de una plaga por encima de la cual se produce una pérdida económica. Fue definido por Stern *et al.* (1959) como: “El menor nivel de densidad poblacional de una plaga que causará daño económico, o la cantidad de daño que justifica el costo de control”. Además, cuando la plaga tiene una alta tasa de crecimiento y/o las medidas de control no son de acción inmediata es necesario determinar una densidad previa a la cual deberán ser aplicadas técnicas de control para prevenir el daño, que se denomina umbral de daño económico (UDE). Aunque el concepto de NDE fue basado en consideraciones económicas, luego se amplió para abarcar cuestiones ambientales, sociales y de sustentabilidad relacionadas con preocupaciones sobre el uso de plaguicidas químicos (Pedigo & Higley, 1992). Los valores de NDE son específicos para cada plaga y cultivo dependiendo de múltiples factores como el estado fenológico del mismo, condiciones climáticas, localización geográfica, valor del producto en el mercado y costo de control. Asimismo, estos valores no son estáticos sino que pueden variar de año a año e incluso dentro de un mismo año a lo largo del ciclo del cultivo.

La toma de decisiones es otro aspecto importante del MIP, debido a que se deben compatibilizar una o más acciones que, integradas, lograrán minimizar o controlar la densidad de la plaga. Cabe aclarar, que la toma de decisiones implica muchas veces no realizar ninguna acción hasta el próximo monitoreo.

Las técnicas de control más utilizadas son: 1) el control químico 2) el control biológico (CB), por medio de introducción de EN exóticos, liberaciones aumentativas o inundativas de EN nativos o establecidos, o través de la conservación de EN mediante el manejo del hábitat, y 3) prácticas culturales, tales como el uso de variedades de cultivo resistentes y prácticas de manejo agronómico del cultivo (por ejemplo: manejo de las fechas de siembra y cosecha en

función del ciclo biológico de la plaga). Los diferentes tipos de control se usan conjuntamente, siempre y cuando estas técnicas sean compatibles entre sí.

En cultivos de frutilla, el manejo integrado de *T. urticae* ha sido implementado en Italia, Australia y Estados Unidos (Barducci, 1988; Battaglia *et al.*, 1990; Benuzzi *et al.*, 1990; Bonomo *et al.*, 1991; Waite, 1988; Gliesman *et al.*, 1990).

Los valores del NDE establecidos para esta plaga en los cultivos de frutilla son muy variables. Wyman *et al.* (1979) determinaron un NDE de 50 formas móviles/folíolo para la variedad de frutilla de día corto, “Tufts”, mientras que fue de 40 ácaros/folíolo para la variedad “Red Gauntlet” en Nueva Zelanda (Butcher *et al.*, 1987). Sin embargo, Walsh *et al.* (1998) indicaron que densidades mayores a 1 ácaro/ folíolo ocasionó disminuciones de la producción en la variedad “Selva”, de día neutro. Por otra parte, Oatman *et al.* (1981,1982) observaron que 90-100 ácaros/folíolo no produjeron efectos negativos significativos en la producción del cultivo ni en el tamaño del fruto, mientras que González- Zamora *et al.*, (1991) establecieron un NDE de 7 hembras/folíolo y 20 formas móviles/folíolo. Además, Zalom (2002) determinó un NDE de 5 formas móviles/folíolo y de 10 ácaros/folíolo después de trasplantarse el cultivo en otoño y verano, respectivamente; y observó que las plantas son menos sensibles al ataque de *T. urticae* una vez que comenzó la cosecha, por lo cual el valor del NDE incrementó a 15-20 ácaros/ folíolo.

Con respecto al CB en los planes de MIP para la arañuela en frutilla, Hepworth & MacFarlane (1992) desarrollaron un muestreo sistemático de presencia-ausencia de *T. urticae*, en Australia, para implementar un MIP usando control químico y biológico mediante liberaciones de *Phytoseiulus persimilis*. El método de muestreo de presencia-ausencia o muestreo binomial, permite conocer el nivel poblacional de la plaga cuantificando el número o proporción de folíolos ocupados por el ácaro fitófago. Es un método adecuado para poblaciones que presentan disposición espacial agregada, además es simple y requiere poco tiempo. Cuando *T. urticae* alcanzó un promedio de dos individuos/folíolo se recomendaron liberaciones de *P. persimilis*, mientras que los autores indicaron que se debería conocer el NDE para decidir sobre las aplicaciones de plaguicidas después de realizadas las liberaciones.

La combinación de *N. californicus* y *P. persimilis* mostró un potencial para el control biológico de *T. urticae* también en otros cultivos en invernáculos (Schausberger & Walzer, 2001; Walzer *et al.*, 2001). Schausberger & Walzer (2001) encontraron que las poblaciones de estas dos especies de depredadores, juntos o separados, podían disminuir las poblaciones de *T. cinnabarinus* en *Gerbera jamesoni* Bolus, aunque el control fue más rápido con la combinación de las dos especies. Barber *et al.* (2003) encontraron resultados similares en

cultivos de lúpulo, donde la liberación conjunta de las dos especies de depredadores fue más efectiva que la liberación de *N. californicus* sólo, pero no de *P. persimilis* solamente. Las inoculaciones de estas dos especies al mismo tiempo también produjo un buen control de *T. urticae* en cultivos de rosas (Blümel & Walzer, 2002). Sin embargo, *N. californicus* persiste más tiempo que *P. persimilis* cuando la densidad de la presa disminuye ya que posee una mayor amplitud en su dieta. A su vez, cuando ambos depredadores coinciden espacialmente *N. californicus* presenta una mayor depredación intragremio y evita el canibalismo mientras que *P. persimilis* no posee la capacidad de distinguir entre individuos con y heteroespecíficos (Walzer *et al.*, 2001).

Rhodes *et al.* (2006) realizaron estudios en cultivos de frutilla en invernáculos y parcelas experimentales para el control de *T. urticae*, mediante liberaciones de *N. californicus* y/o *P. persimilis* y de aplicaciones de Acramite® (bifenazate). Estos autores observaron que la combinación de aplicaciones de acaricidas y liberaciones de cualquiera de los ácaros depredadores resultó una estrategia de manejo efectiva para el control de *T. urticae*.

El manejo integrado de *T. urticae* mediante el uso de acaricidas y liberaciones de *N. californicus* es frecuentemente utilizado en varios países. La susceptibilidad de *N. californicus* a los plaguicidas utilizados en diferentes cultivos depende principalmente del origen y de los antecedentes de la línea genética (Castagnoli & Simoni, 2003). El dioctil sulfosuccinato sódico (Dss) utilizado para el control de *P. ulmi* en manzanos de la zona central de Chile, tuvo un efecto menor sobre *N. californicus* con una óptima recuperación después de la aplicación del plaguicida (Sazo *et al.*, 2005). Sato *et al.* (2002) evaluaron en laboratorio la toxicidad de diferentes plaguicidas para *N. californicus* en frutilla. Los acaricidas fenpyroximato, fenpropatrina, dimetoato, propargite, sulfuro y benomil resultaron inocuos para *N. californicus* mientras que el clorfenapir, la cihexatina y la abamectina fueron altamente perjudiciales para ese depredador. Sato *et al.* (2007) evaluaron en cultivos de frutilla en invernáculo, el desempeño de *N. californicus* con y sin asociación con plaguicidas y obtuvieron resultados similares al estudio anterior ya que este depredador fue tolerante al propargite, al dimetoato (utilizado para el control de áfidos) y al clorfenapir; sin disminuir su población. La aplicación de óxido de fenbutatin y de bifenazate en cultivos de frutilla para el control de la “arañuela roja” tampoco tuvieron un efecto negativo significativo sobre este depredador (Liburd *et al.*, 2007). Sin embargo, el efecto de los insecticidas Biopiren plus® (pyretrinas), Confidor® (imidacloprid), Oikos® (azadiractina) Plenum® (pymetrozina), Naturalis® (*Beauveria bassiana*) y Rotena® (rotenone) para el control de trips, áfidos y

moscas blancas fueron perjudiciales para el desempeño de una línea genética de *N. californicus* de origen italiano (Castagnoli *et al.*, 2005).

En la Argentina, el NDE para la “arañuela de las dos manchas” en frutilla no ha sido determinado y cada región productora debería definir sus propios NDE. En el CHP, estudios realizados por Tito (2008) indicaron que el rendimiento no se redujo cuando el número de individuos varió entre 50 y 100 formas móviles (larvas, ninfas y adultos) por folíolo en la variedad Selva. Sin embargo, el control de *T. urticae* se realiza mediante aplicaciones de acaricidas (abamectin) por calendario, a pesar de que esta práctica tiene un efecto negativo sobre la población de *N. californicus* (Sato *et al.*, 2002).

Greco *et al.* (2004) han desarrollado un plan muestreo sistemático de presencia-ausencia de *T. urticae* y su depredador, *N. californicus* en base a la coincidencia espacio-temporal de ambas especies (Greco *et al.*, 1999) en el cultivo de frutilla del CHP. Este plan de muestreo permite estimar la densidad de la plaga y del depredador a través de la proporción de folíolos con la plaga, una vez que se ha detectado al depredador. Además, utilizando datos de laboratorio y de campo para predecir la densidad de *T. urticae* a intervalos semanales, teniendo en cuenta la relación presa-depredador (Greco *et al.*, 2005) y comparando las densidades con el NDE (entre 25-50 formas móviles/folíolo), Greco *et al.* (2011) desarrollaron un plan de manejo para esta plaga. El mismo está basado en el control natural de *N. californicus* y en la aplicación de acaricidas sólo cuando sea necesario. Posteriormente al monitoreo se debe consultar una “tabla de acción” que indicará si es necesario realizar una aplicación o si se puede esperar hasta la próxima semana, o incluso hasta las próximas dos semanas, según la cantidad de folíolos de frutilla con arañuelas que se hayan registrado en el monitoreo. Este plan de manejo, que reduce hasta un 90% las aplicaciones de acaricidas por calendario, fue validado en varios predios del CHP (Greco *et al.*, 2011). La efectividad de esta estrategia está muy relacionada con la presencia temprana del depredador en el cultivo, por lo cual es muy importante que el productor valore su presencia y evite el uso excesivo e innecesario de acaricidas que reducen sus poblaciones.

Este trabajo de tesis aporta conocimientos sobre las características de las poblaciones locales de *N. californicus* en el CHP, e información para ser incorporada al plan de manejo de *T. urticae* en cultivos de frutilla a través del CB por conservación y el uso de variedades compatibles con el CB.

El conocimiento de las características de la línea genética de *N. californicus* del CHP es importante ya que la eficiencia en el CB de ácaros fitófagos por ácaros depredadores depende de características intrínsecas de las poblaciones locales y del origen geográfico de estas

últimas, así como de las condiciones ambientales y de la planta hospedadora. Los estudios realizados indican que esta línea genética está ampliamente adaptada a las condiciones ambientales locales. El tiempo de desarrollo fue coincidente con el de varias poblaciones en regiones donde también ejerce un buen control de la plaga y fue menor que el de algunas otras líneas genéticas. El depredador completa dos generaciones en el tiempo en el que la plaga completa una generación. La supervivencia de los estados preimaginales fue del 100% alimentado con todos los estados de desarrollo de *T. urticae*.

Las larvas de *N. californicus* no se alimentaron, mientras que las ninfas y los adultos consumieron todos los estados de presa ofrecidos, a excepción de las protoninfas que no ingirieron adultos. La preferencia por el consumo de huevos fue observada en las ninfas y en los adultos de 24h de edad, mientras que a mayor edad se observó una tendencia a un incremento del consumo de larvas y ninfas de *T. urticae*.

Las hembras mostraron capacidad de entrar en diapausa reproductiva (40% y 100% de las hembras entraron en este estado, inducido en el laboratorio durante el estado adulto, expuestas a condiciones de otoño e invierno, respectivamente). Esto sería favorable ya que le permitiría sobrevivir en las estaciones más frías del año. La diapausa le facilitaría además, la sincronización de su desarrollo y reproducción con los de su presa principal en los cultivos de frutilla, otros cultivos y la vegetación silvestre del CHP, ya que el estado de diapausa reproductiva es común también en las especies del género *Tetranychus*.

Por otra parte, la incorporación o el mantenimiento de recursos identificados (en cultivos y en vegetación silvestre) como alimentos alternativos y/o refugio para *N. californicus* en los predios hortícolas, favorecerá la presencia de este EN. El cultivo de alcaucil representaría un hábitat propicio para la permanencia de *N. californicus*, y su cercanía al cultivo de frutilla podría favorecer la colonización temprana del mismo cuando la plaga aún se encuentra a bajas densidades. Si bien el alcaucil aloja áfidos que podrían constituir un problema potencial para frutilla, la especie registrada fue *Capitophorus eleagni* (Del Guercio), específica de alcaucil, por lo cual no existiría riesgo de aumentar las poblaciones de áfidos. Por lo tanto, el rol que desempeña el alcaucil en la conservación de las poblaciones de *N. californicus* merece ser investigado en mayor profundidad, para ser tenido en cuenta en el CB por conservación a través de la manipulación del hábitat. En los cultivos de pepino y frambuesa, en particular en el primero, la frecuencia de aparición de *T. urticae* fue muy alta, por lo cual la cercanía al cultivo de frutilla podría constituir una fuente de dispersión de la plaga hacia el mismo.

El polen de frutilla permitió completar el desarrollo de *N. californicus* y podría contribuir a su persistencia en el sistema en momentos en que la densidad de *T. urticae* sea baja. De la misma manera, *Lamium amplexicaule* y *U. urens*, dos especies silvestres, favorecerían la permanencia de *N. californicus* en los predios hortícolas, ya que florecen en otoño-invierno, cuando la densidad de la plaga es baja, y su polen constituye un alimento alternativo que le permite desarrollarse hasta el estado adulto. En estas especies además, se detectó a su presa principal en otoño e invierno, lo cual favorecería la persistencia de la interacción depredador-presa. *U. urens* podría también servir como refugio, ya que Chant (1959) encontró un gran número de fitoseidos en *U. dioica* durante el invierno. Otra de las especies silvestres a tener en cuenta sería *C. arvensis* que presenta las mismas características que las anteriores, pero su floración se produce en los meses de verano. Cabe aclarar, que el polen de estas especies vegetales no permitiría el crecimiento de la población de *N. californicus*, ya que no dejó descendencia alimentándose del mismo. Sin embargo, la presencia de estas plantas en las cercanías del cultivo de frutilla podría contribuir a su persistencia y beneficiar el control de la plaga cuando ésta comienza a colonizar el cultivo. En relación a *S. oleraceus*, si bien en laboratorio el polen permitió el desarrollo de *N. californicus*, esta planta mostró asociación con la frecuencia de aparición de moscas blancas y áfidos, por lo cual no sería recomendable su presencia por el riesgo del desarrollo de estos herbívoros en el cultivo. El polen de *Amaranthus viridis*, *Picris echioides*, *Taraxacum officinale*, *Anoda cristata*, *Echinocloa crusgalli*, *Eragrostis pilosa*, *Lolium multiflorum* y *Polygonum aviculare*; y el “honeydew”, no permitieron a los individuos de *N. californicus* completar su desarrollo. Los adultos tampoco consumieron los distintos estados de *Tydeus* spp ofrecidos.

El uso de variedades resistentes o moderadamente resistentes a la plaga, y favorables para el desempeño del depredador, permitirá disminuir aún más las aplicaciones de plaguicidas. La pilosidad simple y glandular, no influyó en el desempeño de *T. urticae* ni en la tasa de consumo y la fecundidad de *N. californicus*. Analizando el tiempo de desarrollo, la supervivencia de los estados preimaginales y la fecundidad de *T. urticae* en las variedades de frutilla más utilizadas en la Argentina, Festival resultó ser la más resistente a la plaga, mientras que Aromas y Kp las más susceptibles. Por otra parte, en la variedad Albión *N. californicus* exhibió la mayor tasa de consumo de distintos estados de *T. urticae*. Por tal motivo, Festival y Albión serían las variedades de frutilla recomendadas para su incorporación en el MIP.

Por último, en los casos en que sea imprescindible la aplicación de un acaricida, porque la relación depredador/presa no es adecuada para el CB, se recomienda el uso de bifenazate ya que ha sido probada su selectividad. Más aún sería deseable, contar con crías masivas de poblaciones locales de *N. californicus*, para implementar liberaciones aumentativas en esas circunstancias.

Referencias bibliográficas

- Abad-Moyano R.; T. Pina; O. Dembilio; F. Ferragut & A. Urbaneja. 2009. Survey of natural enemies of spider mites (Acari: Tetranychidae) in citrus orchards in eastern Spain. *Experimental and Applied Acarology*, 47: 49-61.
- Abad-Moyano, R.; T. Pina; J. Pérez-Panadés; E.A. Carbonell & A. Urbaneja. 2010. Efficacy of *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* in suppression of *Tetranychus urticae* in young clementine plants. *Experimental and Applied Acarology*, 50: 317-328.
- Abou-Setta, M.M. & C.C. Childers. 1989. Biology of *Euseius mesembrinus* (Acari: Phytoseiidae): life tables and feeding behavior on tetranychid mites on citrus. *Environmental Entomology*, 18: 665-669.
- Afzal, M. & M.H. Bashir. 2007. Influence of certain characters of some summer vegetables with incidence of predatory mites of the family *Cunaxidae*. *Pakistan Journal of Botany* 39(1): 205-209.
- Agrawal, A.A. 2000. Host range evolution: Adaptation of mites and trade-offs in fitness on alternate hosts. *Ecology*, 81: 500-508.
- Aguilar-Fenollosa, E.; M.V. Ibáñez-Gual ; S. Pascual-Ruiz; M. Hurtado & J.A. Jacas. 2011. Effect of ground-cover management on spider mites and their phytoseiid natural enemies in clementine mandarin orchards (I): Bottom-up regulation mechanisms. *Biological Control*, 59(2): 158:170.
- Ahn, J.J.; K.W. Kim & J.H. Lee. 2010. Functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on strawberry leaves. *Journal of Applied Entomology*, 134: 98-104.
- Allen, C.M. 2009. Inéd. Thermal biology and behaviour of two predatory Phytoseiid mites: *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) and *Phytoseiulus longipes* (Evans) (Acari: Phytoseiidae). Thesis, University of Birmingham, 206 p.
- Alomar Kurz, O. 2003. Control biológico por conservación y gestión del hábitat. III Congreso Nacional de Entomología Aplicada, IX Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Entomología Aplicada Ávila, España, Pp. 101-106.
- Alomar, O. & R. Albajes. 2005. Control biológico de plagas: Biodiversidad funcional y gestión del agroecosistema. *Biojournal*, 1: 1-10.

- Al-Shammery, K.A. 2010. Different biological aspects of the predaceous mite *Euseius scutalis* (Acari: Gamasida: Phytoseiidae) and the effects due to feeding on three tetranychid mites species in hail, Saudi Arabia. Asian Journal of Biological Sciences, 3: 77-84.
- Altieri, M.A. & C.I. Nicholls. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems: Binghamton USA: Food Products Press, 236 p.
- Altieri, M.A. & C.I. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas, 1: 1-10.
- Alvarado, M.; E. Aranda; A. Alameda & J.M. Duran. 1984: La araña roja del maíz de la vega del Guadalquivir. IV Symposium Nacional de Agroquímicos. Sevilla, 18 p.
- Amano, H. & D.A. Chant. 1978. Mating behaviour and reproductive mechanisms of two species of predacious mites *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acarina; Phytoseiidae). Acarologia, 20: 196-213.
- Aponte, O. & J.A. Mc Murtry. 1992. Mating behavior and reproductive mechanisms of *Amblyseius colimenis* Aponte & Mc Murtry (Acari: Phytoseiidae). Boletín de Entomología Venezolana N.S, 7(1): 1-12.
- Arias, A. 1996. Bioecología y manejo integrado de la «araña roja», *Tetranychus urticae* Koch, en España. Phytoma España, 83: 88- 95.
- Arias, A. & J. Nieto. 1981. Observaciones sobre la biología de la «araña amarilla» (*Tetranychus urticae* Koch) y correlación entre síntomas y pérdidas en una viña de Tierra de Barros (Badajoz) durante 1980. Boletín - Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica. Comunicaciones, serie «Estudios y Experiencias», mayo nº 9/82, 41 p.
- Ashley, J.L. 2003. Toxicity of selected acaricides on *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae: Acari) and *Orius insidiosus* Say (Hemiptera: Anthocoridae) life stages and predation studies with *Orius insidiosus*. Thesis. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Auger, P.; M.S. Tixier; S. Kreiter & G. Fauvel. Factors affecting ambulatory dispersal in the predaceous mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology, 23: 235-250.
- Avery, D.J. & J.B. Briggs. 1968. The aetiology and development of damage in young fruit trees infested with fruit tree red spider mite, *Panonychus ulmi* (Koch). Annals of Applied Biology, 61: 277-288.

- Badii, M.H.; E. Cerna & J. Landeros. 2010. Enemigos Naturales: Nociones Etológicas. International Journal of Good Conscience, 5(1): 256-269.
- Barber, A.; C.A.M. Campbell; H. Crane, R. Lilley & E. Tregidga. 2003. Biocontrol of Two-spotted Spider Mite *Tetranychus urticae* on Dwarf Hops by the Phytoseiid Mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. Biocontrol Science and Technology, 13(3): 275-284.
- Barber, A.; C.A.M. Campbell; H. Crane; R. Lilley & E. Tregidga. 2010. Biocontrol of Two-spotted Spider Mite *Tetranychus urticae* on Dwarf Hops by the Phytoseiid Mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. Biocontrol Science and Technology, 13(3): 275-284.
- Barbosa, P. Agroecosystems and conservation biological control. In: P. Barbosa (Ed.). Conservation Biological Control. Academic San Diego, CA., Ch. 3: 39-54.
- Barbosa, P. & B. Benrey. 1998. The influence on insect parasitoids: implications for conservation biological control. In: P. Barbosa (Ed.). Conservation Biological Control. Academic San Diego, CA., Ch. 4: 55-82.
- Barbosa, P. & D.K. Letourneau (Eds). 1988. Novel Aspects of Insect-Plant Interactions. New York: Wiley, 362 p.
- Barducci, S. 1988: Lotta integrata e biológica per la difesa della fragola in coltura protetta. L'Informatore Agrario, 21: 89-91.
- Battaglia, D.; M. Borriello & R. Spicciarelli. 1990: Contrallo biológico del *Tetranychus urticae* Koch con *Phytoseiulus persimilis* Athias-henriot su fragola in coltura protetta nel metapontino. Informatore Agrario, 40 (7/8): 44-46.
- Batra, S.W.T. 1982. "Biological control in agroecosystems", Science, 215: 134-139.
- Beard, J.J. 1999. Taxonomy and Biological Control: *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), a Case Study. Australian Journal of Entomology, 38: 51-59.
- Belcher, D.W. & R. Thurston. 1982. Innibition of moviment of larvae of the convergent lady beetle by leaf trichomes of tobacco. Environmental Entomology, 11: 91-94.
- Bell, J.R.; D.A. Bohan; E.M. Shaw & G.S. Weyman. 2005. Ballooning dispersal using silk: world fauna, phylogenies, genetics and models. Bulletin of Entomological Research, 95: 69-114.
- Bellows, T.S. & T.W. Fisher (Eds.). 1999. Handbook of Biological Control. Principles and application of biological control. Academic Press, San Diego, California, 1046 p.

- Benamú, M.A.; M.I. Schneider & N.E. Sánchez. 2010. Effects of the herbicide glyphosate on biological attributes of *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae), in laboratory. *Chemosphere*, 78: 871-876.
- Benuzzi, M.; G. Nicoli & P. Botteghi. 1990: Lotta biológica e integrata sulla fragola. 4° Symposium Nacional sobre Agroquímicos, Sevilla, Pp. 181-197.
- Bergman, J.M. & W.M. Tingey. 1979. Aspects of interaction between plant genotypes and biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 25: 275-279.
- Bernays, E.A. & R.F. Chapman. 1994: Host-Plant Selection by Phytophagous Insects. New York: Chapman & Hall, 279 p.
- Bigler, F.; D. Babendreier & V. Kuhlmann (Eds.). 2006. Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk management. CABI Wallingford, Reino Unido, 288 p.
- Blackwood, J.S.; P. Schausberger & B.A. Croft. 2001. Prey-stage preference in generalist and specialist phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. *Environmental entomology*, 30(6): 1103-1111.
- Blommers, L. 1976. Capacities for increase and predation in *Amblyseius bibens* (Acarina: Phytoseiidae). *Zeitschrift fuer Angewand te Entomologie*, 81: 225-244.
- Blommers, L.; P. Lobbes; P. Vink & F. Wegdam. 1977. Studies on the response of *Amblyseius bibens* (Acarina: Phytoseiidae) to conditions of prey scarcity. *Entomophaga*, 22: 247-258.
- Blümel, S. & A. Walzer. 2002. Efficacy of different release strategies of *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* Athias Henriot (Acari: Phytoseiidae) for the control of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on greenhouse cut roses. *Systematic and Applied Acarology*, 7: 35-48.
- Boethel, D.J. & R.D. Eikenbary (Eds.). 1986. Interactions of Plant Resistance and Parasitoids and Predators of Insects. Ellis Horwood, 224 p.
- Bolland, H.R.; J. Gutiérrez & C.H.W. Fletchmann. 1998. World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). Koninklijke Brill NV, Leiden, NE, 392 p.
- Boller, E.F.; F. Häni & H.M. Poehling (Eds.). 2004. Ecological Infrastructures: Ideabook on Functional Biodiversity at the Farm Level Temperate Zones of Europe. LBL, Lindau, Switzerland, 213 p.

- Bonomo, G.; G. Catalano; V. Maltese & S. Sparta. 1991: Esperienze di lotta biológica e integrata nella fragolicultura marsalese. *L'Informatore Agrario*, 47: 97-100.
- Botto, E.N.; S.A. Ceriani; S. López; E. Saini; C.V. Cédola; G. Segade & M.M. Viscarret. 2007. Control biológico de plagas hortícolas en ambientes protegidos. La experiencia Argentina hasta el presente. *Revista RIA*, 29(1): 83-98.
- Bottrell, D.G. & P. Barbosa. 1998. Manipulating natural enemies by plant variety selection and modification: A Realistic Strategy? *Annual Review of Entomology*, 43: 347-367.
- Bouras, S.L. & G.Th. Papadoulis. 2005. Influence of selected fruit tree pollen on life history of *Euseius stipulatus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 36: 1-14.
- Brandenburg, R.L. & G.G. Kennedy. 1987. Ecological and agricultural considerations in the management of twospotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). *Agricultural Zoology Reviews*, 2: 185-236.
- Broufas, G.D. & D.S. Koveos. 2000. Effect of different pollens on development, survivorship and reproduction of *Euseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae). *Environmental Entomology*, 29: 743-749.
- Bueno, V.H.P. 2005. IPM and biological control of protected cropping in some developing greenhouse regions. *IOBC/WPRS Bulletin, Zoology Reviews*, 2: 185-236.
- Butcher, M.R.; D.R. Penman & R.R. Scott. 1987. A binomial sequential descision plan for control of two-spotted spider mite on strawberries in Canterbury. New Zealand. *Journal of Expermental Agriculture*, 15: 371-374.
- Cáceres, S. 2004. Moscas blancas del complejo *Bemisia tabaci* en cultivos hortícolas de Corrientes. Estrategias de manejo. En: Mosca blanca *Bemisia tabaci*. Jornada de Actualización. La Plata, Buenos Aires, Pp. 9-13.
- Calvitti, M. 2000. Caratterizzazione biologica ed ecologica di due acari (*Tetranychus urticae* e *Phytoseiulus persimilis*) interagenti in alcuni ecosistemi agrari. *Inn-Bioagro Eco. Italia*, 44 p.
- Camporese, P. & C. Duso. 1995. Life History and life table parameters of the predatory mice *Typhlodromus talbii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 77(2): 149-157.
- Carey, J.R. & J.W. Bradley. 1982. Developmental rates, vital schedules, sex ratios, and life tables for *Tetranychus urticae*, *T. turkestanii* and *T. pacificus* (Acarina: Tetranychidae) on cotton. *Acarologia*, 23(4): 333-345.

- Canlas, L.J.; H. Amano; N. Ochiai & M. Takeda. 2006. Biology and predation of the Japanese strain of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and Applied Acarology*, 11: 141-157.
- Carey, J. & J. Bradley. 1982. Development rates, vital schedules, sex ratios, and life tables for *Tetranychus urticae*, *T. turkestan*i and *T. pacificus* (Acarina: Tetranychidae) on cotton. *Acarología*, 23(4): 333-345.
- Castagnoli, M. & M. Ligouri. 1991. Laboratory observations on duration of copulation and egg production of 3 phytoseiid species fed on pollen. In: Schuster, R. & P.W. Murphy (Eds.), *The Acari: reproduction, development and life history strategies*. Chapman & Hall, London, Pp. 231-239.
- Castagnoli, M. & L. Falchini. 1993. Suitability of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) as prey for *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acari Phytoseiidae). *Redia*, 76: 273-279.
- Castagnoli, M.; M. Ligouri; S. Simoni; M. Pintucci & L. Falchini. 1993. Observations of diapause induction in three phytoseiid (Phytoseiidae) species. In: *Behavior and Physiological Entomology. Acarology IX, Ohio Proceedings*, 1: 9-12.
- Castagnoli, M. & S. Simoni. 1994. The effects of different constant humidities on egg and larvae on *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acarina: Phytoseiidae), *Redia*, LXXVII: 349-359.
- Castagnoli, M. & S. Simoni. 1999. Effect of long-term feeding history on numerical and functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 23: 217-234.
- Castagnoli, M.; S. Simoni & G. Nachman. 2001. Short-term changes in consumption and oviposition rates of *Neoseiulus californicus* strains (Acari: Phytoseiidae) after a diet shift. *Experimental and Applied Acarology*, 25: 969-983.
- Castagnoli, M. & S. Simoni. 2003. *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae): Survey of biological and behavioural traits of a versatile predator. *Redia*, 86: 153-164.
- Castagnoli, M.; M. Ligouri; S. Simoni & C. Duso. 2005. Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. *BioControl*, 50: 611-622.
- Cédola, C.V.; N.E. Sánchez & G.G. Liljesthröm. 2001. Effect of tomato leaf hairiness on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 25: 819-831.

- Cédola, C.V.; N.E. Sánchez & G.G. Liljesthröm. 2001. Effect of tomato leaf hairiness on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 25: 819-831.
- Cédola, C. & N. Greco. 2010. Presence of the aphid, *Chaetosiphon fragaefolii*, on strawberry in Argentina. *Journal of Insect Science*, 10(9): 1-9.
- Cerna Chávez, E.; J. Landeros; Y.M. Ochoa Fuentes; J.J. Luna Ruiz ; O.Vázquez Martínez & O. Ventura López. 2009. Tolerancia del ácaro *Tetranychus urticae* Koch a cuatro acaricidas de diferente grupo toxicológico. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 44: 4-10.
- Chant, D.A. 1959. Phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae). Part. I. Bionomics of seven species in southeastern England. Part II. A taxonomic review of the family Phytoseiidae, with descriptions of 38 new species. *Canadian Entomology, Supplement*, 12, 91: 1-119.
- Cloyd, R.A.; C.L. Galle & S.R. Keith. 2006. Compatibility of three miticides with predatory mites *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). *HortScience*, 41: 707-710.
- Cluigt, N.; N. Greco & G.G. Liljesthröm. 2008. *Lobiopa insularis* (Coleoptera: Nitidulidae) en el cultivo de frutilla: disposición espacial y concentración del recurso. XXIII Reunión Argentina de Ecología, San Luis, Argentina.
- Consejo Federal de Inversiones, Impulso Agrícola: “Detección y Georeferenciación de Áreas de Explotación Hortícola. INFORME FINAL.” F. B. y Asociados S.R.L. 2006.
- Cooping, L.G. (Ed.). 2001. *The BioPesticide Manual*, 2nd Edn. British Crop Protection Council, Surrey, 528 p.
- Cordo, H.; G. Logarzo; K. Braun & O. Di Dorio. 2004. Catálogo de Insectos Fitófagos de la Argentina y sus Plantas Asociadas, South American Biological Control Laboratory and Sociedad Entomológica Argentina, SENASA, Buenos Aires.
- Croft, B.A.; L.N. Monetti & P.D. Pratt. 1998. Comparative life histories and predation types: are *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar type II selective predators of spider mites? *Environmental Entomology*, 27: 531-538.
- Croft, B.A. & C. Jung. 2001. Phytoseiid dispersal at plant to regional levels: a review with emphasis on management of *Neoseiulus fallacis* in diverse agroecosystems. *Experimental and Applied Acarology*, 25: 763-784.
- Croft, B.A.; J.S. Blackwood & J.A. McMurtry. 2004. Classifying life-style types of phytoseiid mites: diagnostic traits. *Experimental and Applied Acarology*, 33: 247-260.

- Crouzel, I.S. 1983. El control biológico en Argentina. Informe Final IX, CLAZ, Arequipa, Perú, Pp. 62-67.
- Cuartero, J.; H. Laterrot & J.C. van Lenteren. 1999. Host-plant resistance to pathogens and arthropod pest. In: Albajes, R. *et al.* (Eds.), Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops, Ch. 9: 124-138.
- Dalin, P.; J. Agren; C. Börkman; P. Huttunen & K. Kärkkäinen 2008. Leaf Trichome Formation and Plant Resistance to Herbivory. En: Schaller, A. (Ed.), Induced Plant Resistance to Herbivory. Springer Science+Business Media B.V. Cap. 4: 89-105.
- De Angelis, J; R.E. Berry & G.W. Krantz. 1983. Photosynthesis, leaf conductance, and leaf chlorophyll content in spider mite (Acari: Tetranychidae) injured peppermint leaves. *Journal of Environmental Entomology*, 12: 345-348.
- DeBach, P. & D. Rosen (Eds.). 1991. Biological Control by Natural Enemies. Cambridge University Press, Cambridge. 440 p.
- De Courcy Williams, M.E.; L. Krava-Garde; J.S. Fenlon & K.D. Sunderland. 2004. Phytoseiid mites in protected crops: the effect of humidity and food availability on egg hatch and adult laife span of *Iphiseius degenerans*, *Neoseiulus cucumeris*, *N. californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 32: 1-13.
- De Moraes, G.J.; J.A. de Alencar; J.L.S. de Lima; J.S. Yaninek & I. Delalibera Jr. 1993. Alternative plant hábitats for common phytoseiis predator of the cassava green mite (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in Northeast Brazil. *Experimental and Applied Acarology*, 17(1): 77-90.
- De Moraes, G.J.; J.A. McMurtry; H.A. Denmark & C.B. Campos. 2004. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. *Zootaxa*, 434: 1-494.
- Desneux, N.; A. Decourtye & J.M. Delpuech. 2007. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52: 81-106.
- Devine, G.J.; M. Barber, & I. Denholm. 2001. Incidence and inheritance of resistance to METI-acaricides in European strains of the twospotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Acari: Tetranychidae). *Pest Management Science*, 57: 443-448.
- Dicke, M. 2000. Chemical ecology of host-plant selection by herbivorous arthropods: a multitrophic perspective. *Biochemical Systematics and Ecology* 28: 601-617.
- Dupont, L.M. 1979. On gene flow between *Tetranychus urticae* Koch, 1836 and *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) Boudreaux, 1956 (Acari: Tetranychidae): synonymy between the two species. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 25: 297-303.

- Duso, C. 1992. Role of *Amblyseius aberrans* (Oud.), *Typhlodromus pyri* Scheuten and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acari, Phytoseiidae) in vineyards. *Journal of Applied Entomology*, 114: 455-462.
- Duso, C.; V. Malignini; A. Paganelli; L. Aldegheri; M. Bottini & S. Otto. 2003. Pollen availability and abundance of predatory phytoseiid mites on natural and secondary hedgerows. *BioControl*, 49: 397-415.
- Ehler, L.E. 1998. Conservation Biological Control: past, present, and future. In P. Barbosa (Ed.). *Conservation Biological Control*. Academic Press. San Diego, CA., Ch. 1: 1-10.
- Ehler, L.E. 2006. Perspectives Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest Management Science*, 62:787-789.
- Eigenbrode, S.D.; T. Castagnola; M.B. Roux & L. Steljes. 1996. Mobility of three generalist predators is greater on cabbage with glossy leaf wax than on cabbage with a waxy bloom. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 81: 335-43.
- Eilenberg, J. 2006. Concepts and visions of biological control. In: Eilenberg, J. & H.M.T Hokkanen (Eds.). *An Ecological and Societal Approach to Biological Control*, Ch. 1: 1-11.
- El-Shafei, G.M.A. & T. Gotoh. 2010. Performance of eighteen tetranychid mite species (Acari: Tetranychidae) on borage and strawberry. *Applied Entomology and Zoology*, 45: 579-585.
- El Taj, H.F. & C. Jung. A Korean population of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) that is non-diapausing. *International Journal of Acarology*, 37(5): 411-419.
- Emmert, C.J.; F. Russell; I. Mizel; P.C. Andersen; J.H. Frank & J. Stimac. 2008. Effects of contrasting diets and temperatures on reproduction and prey consumption by *Proprioseiopsis asetus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 44: 11-26.
- English-Loeb, G.M. & R. Karban. 1991. Consequences of mite feeding injury to beans on the fecundity and survivorship of the two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*, 11: 125-136.
- Escudero, L.A. & F. Ferragut. 1998. Comunidades de ácaros del ecosistema hortícola mediterráneo: composición y distribución geográfica. *Boletín Sanidad Vegetal: Plagas*, 24, 749-762.

- Escudero, L.A. & F. Ferragut. 1999. Abundancia y dinámica estacional de las poblaciones de fitoseidos en los cultivos hortícolas valencianos (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae). Boletín Sanidad Vegetal: Plagas, 25: 347-362.
- Escudero, L.A.; J. Roselló; E. Aleixandre; S. Bramardi & F. Ferragut. 1999. Colonización y dispersión de los ácaros en un ecosistema hortícola protegido: características y factores responsables. Boletín Sanidad Vegetal: Plagas, 25: 143-155.
- Escudero, L.A. & F. Ferragut. 2005. Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). Biological Control, 32: 378-384.
- Fadini, M.A.M.; A. Pallini & M. Venzon. 2004. Controle de ácaros em sistema de produção integrada de morango. Ciência Rural, Santa Maria, 34(4): 1271-1277.
- Fahnbulleh, C.G.V. 2007. Acaricide resistance in Norwegian populations of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) (Acari: Tetranychidae). Master Thesis, The Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Science, Norwegian University of Life Sciences (UMB).
- Fazlul Hoque, M.; W. Islam & M. Khalequzzaman. 2008. Life tables of two-spotted spider mites *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its predator *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). Journal of Bio-Science, 16: 1-10.
- Felipe, R.A. 2003. Tipificación del daño de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en plantas de pimentón cv. California Wonder. Trabajo de Grado. Barquisimeto, Estado Lara, VE, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA), 33 p.
- Ferragut, F. & M.C. Santoja. 1989. Taxonomía y distribución de los ácaros del género *Tetranychus* Dufour 1832 (Acari: Tetranychidae), en España. Boletín de sanidad vegetal: Plagas, 15: 271-281.
- Ferro, D.N. & E.E. Southwick. 1984. Microclimates of small arthropods: Estimating humidity within the leaf boundary layer. Journal of Environmental Entomology, 13: 926-929.
- Ferro, D.N. & J.N. Mc Neil. 1998. Habitat enhancement and conservation of natural enemies of insects. In P. Barbosa (Ed.). Conservation Biological Control. Academic San Diego, CA., Ch. 7: 123-132.
- Field, R.P. & M.A. Hoy. 1985. Diapause behavior of genetically-improved strains of the spider mite predator *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). Entomologia Experimentalis et Applicata, 38: 113-120.

- Fiedler, A.K.; D.A. Landis & D.S. Wratten. 2008. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: The role of habitat management. *Biological Control*, 45: 254-271.
- Fink, C.E. & B.C. Strik. 2008. Strawberry cultivars for Oregon (EC 1618). Oregon State University Extension Publications, 8 p.
- Fishbein, D. 2012. Introducción a la teoría del control biológico de plagas. En: Villacide, J. & J. Corley (Eds.), Serie técnica: “Manejo Integrado de Plagas Forestales”, Cuadernillo N° 15: 1-21.
- Fitzgerald, J.D. & M.G. Solomon. 1991. Diapause induction and duration in the phytoseiid mite *Typhlodromus pyri*. *Experimental & Applied Acarology*, 12: 135-145
- Flechtmann, C.H.W. & J.A. McMurtry. 1992. Studies on how phytoseiid mites feed on spider mites and pollen. *International Journal of Acarology*, 18(3): 157-162.
- Flint, M.L. & S.H. Driestadt. 1999. Natural enemies Handbook: The illustrated guide to biological pest control. University of California Press, Pp. 108-109.
- Forero, G.; M. Rodríguez; F. Cantor; D. Rodríguez & J.R. Cure. 2008. Criterios para el manejo de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) con el ácaro depredador *Amblyseius* (*Neoseiulus*) sp. (Acari: Phytoseiidae) en cultivos de rosas. *Agronomía Colombiana*, 26(1): 78-86.
- Fouly, H.A. & S.M. Al-Rehiyani. 2011. Predaceous mites in al-qassim region, Saudi Arabia, with description of two new lealepid species (Acari: Gamasida: Lealepidae). *Journal of Entomology*, 112: 435-439.
- Fournier, D.; M. Pralavorio & O. Pourriere. 1985. Étude du phytoseiide *Cydnodromus chilensis* en vue de son utilisation contre *Tetranychus urticae* en culture protégée de fraiser. *Entomophaga*, 30 (2):113-120.
- Fraulo, A.B & O.E. Liburd. 2007. Biological control of twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, with predatory mite, *Neoseiulus californicus*, in strawberries. *Experimental and Applied Acarology*, 43: 109-119.
- Frisbie, R.E. & P.L. Adkisson. 1985. CIPM: Integrated Pest Management on Major Agricultural Systems, from a symposium sponsored by The Consortium of Integrated Pest Management and USDA/CSRS. Texas Agriculture Experiment Station MP-1616, 743 p.
- Fritz, R.S., 1992. Community structure and species interaction of phytophagous insects on resistant and susceptible host plants. In: Fritz, R.S. & E.L. Simms (Eds.), *Plant*

- resistance to herbivores and pathogens: ecology, evolution and genetics, University of Chicago Press, Pp. 240-277.
- Gallardo, A.; C. Vasquez; J. Morales & J. Gallardo. 2005. Biología y enemigos naturales de *Tetranychus urticae* en pimentón. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa.Rica, 74: 34-40.
- Garcí-Marí, F. & J. Costa Comelles. 1997. La importancia de las hierbas espontáneas en el control biológico de plagas. Phytoma España, 94: 8-10.
- García-Marí, F. & J.E. González-Zamora. 1999. Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valencia, Spain. Experimental and Applied Acarology, 23: 487-495.
- Gardiner, M.M. & D.A. Landis. 2007. Impact of intraguild predation by adult *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) biological control in cage studies. Biological Control, 40: 386-395.
- Georghiou, G. & A. Lagunes. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. FAO/ University of California, Riverside, California, USA, 31 p.
- Gerson, U.; R.L. Smiley & R. Ochoa. 2003. The effects of host plants and the ground cover on acarine biocontrol agents. En: Gerson, U.; R.L. Smiley & R. Ochoa (Eds.), Mites (Acari) For Pest Control. Blackwell Science Ltd., Ch. 41: 332-359.
- Gerson, U. & P.G. Weintraub. 2007. Review: mites for the control of pests in protected cultivation. Pest Management. Science, 63: 658-76.
- Giaconi, V. & M. Escaff. 1998. Cultivo de hortalizas. Ed. Universitaria. Santiago, Chile, 337 p.
- Giles, D.K.; J. Gardner & H.E. Studer. 1995. Mechanical Releases of Predacious Mites for Biological Pest Control in Strawberries. Transaction of the American Society of Agriculture Engineers, 38:1289-1296.
- Giménez Ferrer, R.M.; J.C. Scheerens & W.A. Erb. 1993. In vitro screening of 76 strawberry cultivars for two-spotted spider mite resistance. HortScience, 28(8): 841-844.
- Gimenez-Ferrer, R.M.; W.A. Erb; B.L. Bishop & J.C. Scheerens. 1994. Host-pest relationships between the twospotted spider mite (Acarina: Tetranychidae) and strawberry cultivars with differing levels of resistance. Journal of Economic Entomology, 87: 168-175.
- Gliesman, S.R.; S. L. Swezey; J. Allison; J. Cochran; J. Farrell; R. Kluson; F. Rosado -May & M. Werner. 1990: Strawberry production systems during conversion to organic management. California Agriculture, 44(4): 4-7.

- Gontijo, L.M.; D.C. Margolies; J.R. Nechols, R.A. Cloyd. 2010. Plant architecture, prey distribution and predator release strategy interact to affect foraging efficiency of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari:Phytoseiidae) on cucumber. *Biological Control*, 53: 36-141.
- González-Zamora, J.E.; S. Orenga; F. García-Marí, & R. Laborda. 1991. Liberación de ácaros depredadores para el control de araña roja en fresón. *Phytoma España*, 32: 20-27.
- Gotoh, T. 1997. Annual life cycles of populations of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in four Japanese pear orchards. *Applied Entomology and Zoology (Japan)*, 32: 207-216.
- Gotoh, T. & K. Gomi. 2003. Life-history traits of the Kanzawa spider mite *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae). *Applied Entomology and Zoology*, 38(1): 7-14.
- Gotoh, T.; K. Yamaguchi & K. Mori. 2004. Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 32: 15-30.
- Gotoh, T.; T. Akizawa; M. Watanabe; A. Tsuchiya & S. Shimazaki. 2005. Cold hardiness of *Neoseiulus californicus* and *N. womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Acarological Society of Japan*, 14: 93-103.
- Gotoh, T.; A. Tsuchiya & Y. Kitashima. 2006. Influence of prey on developmental performance, reproduction and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 40: 189-204
- Gotoh, T.; S. Kaibara & I. Tamura. 2007. Species composition and seasonal changes of spider mite density on a leguminous plant *Pueraria lobata*. *Applied Entomology and Zoology (Japan)* 42: 685–692.
- Gotoh, T. & A. Tsuchiya, 2008. Effect of multiple mating on reproduction and longevity of the phytoseiid mite *Neoseiulus californicus*. *Experimental and Applied Acarology*, 44: 185-197.
- Gould, F.; G.G. Kennedy & M.T. Johnson. 1991. Effects of natural enemies on the rate of herbivore adaptation to resistant host plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 58: 1-14.
- Greco, N.; G. Liljesthröm & N. Sánchez. 1999. Spatial distribution and coincidence of *Neoseiulus californicus* and *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) on strawberry. *Experimental and Applied Acarology*, 23: 567-580.

- Greco, N.; C. Cédola; N. Sánchez; F. Cingolani & F. Tejerina. 2002. Oviposición de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) en distintas variedades de frutilla. XXV Congreso Argentino de Horticultura. I Encuentro virtual de las Ciencias Hortícolas.
- Greco, N.M. & N. Sánchez. 2003. Effects of previously damaged strawberry plants on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Acarologia*, 43(1): 59-65.
- Greco, N.M.; G.T. Tetzlaff & G.G. Liljesthröm. 2004. Presence-absence sampling for *Tetranychus urticae* and its predator *Neoseiulus californicus* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) on strawberries in La Plata, Argentina. *International Journal of Pest Management*, 50 (1): 23-27.
- Greco, N.M.; N.E. Sánchez & G.G. Liljesthröm. 2005. *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): effect of pest/predator ratio on the pest abundance on strawberry. *Experimental and Applied Acarology*, 37: 57-66.
- Greco, N.M.; G.G. Lilgesthröm, C.V. Cédola, M.F. Gugole Ottaviano & M.F. Roggiero. 2006. Presencia espacio-temporal de *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) en cultivos de frutilla y vegetación aledaña. XXII Reunión Argentina de Ecología. Córdoba, Argentina.
- Greco, N.M.; G.G. Liljesthröm; M.F. Gugole Ottaviano; M.F. Cingolani; N. Cluigt & N.E. Sánchez. 2011. Pest management plan for the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, based on the natural occurrence of the predator y mite *Neoseiulus californicus* in strawberries. *International Journal of Pest Management*, 57(4): 299-308.
- Grevstad, F.S. & B.W. Klepetka. 1992. The influence of plant architecture on the foraging efficiencies of a suite of ladybird beetles feeding on aphids. *Oecología*, 92(3): 393-404.
- Grossman, J. & W. Quarles. 1993. Strip intercropping for Biological control. *IPM Practitioner*, Pp. 1-11.
- Guanilo, A.; G. De Moraes; S. Toledo & M. Knapp. 2008. Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) from Argentina, with description of a new species. *Zootaxa*, 1884: 1-135.
- Gurr, G.M.; H.F. van Emden & D.S. Wratten. 1998. Habitat manipulation and natural enemy efficiency: implications for the control of pests. In: Barbosa, P. (Ed.) *Conservation bio-logical control*. Academic Press, San Diego, Ch. 9: 155-183.
- Gurr, G.M. & S.D. Wratten (Eds). 2000. *Biological control: measures of success*. Kluwer, Dordrecht. Boston, Ch. 4: 105-132.

- Gurr, G.M.; S.D. Wratten & J.M. Luna. 2003. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic Applied Ecology*, 4: 107-116.
- Gurr, G.; S.D. Wratten & M.A. Altieri. 2004. Ecological engineering for pest management: advances in habitat manipulation for arthropods. Cornell University Press, Ithaca, NY, Pp. 1-12.
- Hang, G; C. Kabet; M.L. Bravo; G. Larrañaga; C. Seibane; G. Ferraris; M. Otaño; V. Blanco. 2010. Identificación de sistemas de producción hortícola en La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Bioagro*, 22(1): 81-86.
- Hare, J.D. 1992. Effects of plant variation on herbivore-natural enemy interactions. In: Fritz, R.S. & E.L. Simms (Eds.). *Plant resistance to herbivores and pathogens ecology evolution and genetic*. University of Chicago Press. Chicago, USA, Pp. 278-279.
- Hart, A.J.; A.G. Tullet; J.S. Bale & K.F.A. Walters. 2002. Effects of temperature on the establishment potential in the UK of the non-native glasshouse biocontrol agent *Macrolophus caliginosus*. *Physiological Entomology*, 27: 112-123.
- Harvey, T.L. & T.J. Martin. 1980. Effects of wheat pubescence infestation of wheat curl mite and incidence of wheat streak mosaic. *Journal of Economic Entomology*, 73: 225-227.
- Helle, W. & M.W. Sabelis (Eds.). 1985. Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier, The Netherlands. vol.1A, 405 p.
- Helle, W. & M.W. Sabelis (Eds.). 1985. Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier, The Netherlands. vol.1B, 458 p.
- Hepworth, G. & J.R. Mac Farlane. 1992. Systematic presence- absence sampling method applied to two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on strawberries in Victoria, Australia. *Journal of Economic Entomology*, 85(6): 2234-2239.
- Herbert, H.J. 1981. Biology, life tables, and innate capacity for increase of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Canadian Entomologist*, 113: 371-378.
- Herron, G.A., J. Ropahail & L.J. Wilson. 2004. Chlorfenapyr resistance in two- spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) from Australis cotton. *Experimental and Applied Acarology*, 34: 315-321.
- Hessein, N.A. & T.M. Perring. 1986. Feeding habits of the Tydeidae with evidence of *Homeopronematus anconai* (Acari: Tydeidae) predation of *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae). *International Journal of Acarology*, 12: 215-21.
- Hoddle, M.S.; O. Aponte; V. Kerguelen & J. Heraty. 1999. Biological control of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae) on avocado: I. Evaluating release timings, recovery,

- and efficacy of six commercially available phytoseiids. *International Journal of Acarology*, 25: 211-219.
- Hoy, M.A. & D.L. Flaherty. 1970. Photoperiodic induction of diapauses in a predaceous mite, *Metaseiulus occidentalis*. *Annals of the Entomological Society of America*, 63: 960-963.
- Huffaker, C.B.; K.P. Shea, & S. G.Herman. 1963. Experimental studies on predation: complex dispersion and levels of food in an acarine predator-prey interaction. *Hilgardia*, 34: 305-330.
- Huffaker, C.B.; M. Van De Vrie; J.A. McMurtry. 1969. The ecology of Tetranychid mites and their natural control. *Annual Review of Entomology*, 14: 125-174.
- James, D.G. & T.S. Price. 2002. Fecundity in two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. *Journal of Economic Entomology*, 95: 729-732.
- Jervis, M. 2005. *Insects as Natural Enemies: A Practical Perspective*. Jervis M.A. (Ed.) Springer: Dordrecht.
- Jolly, R.L. 2000. The predatory mite *Neoseiulus californicus*: its potential as a biocontrol agent for the fruit tree red spider mite *Panonychus ulmi* in the UK. The BCPC Conference at Brighton, Pest Diseases, 1: 487-490.
- Johnson, M.T. & F. Gould. 1992. Interaction of genetically engineered host plant resistance and natural enemies of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) in tobacco. *Environmental Entomology*, 21: 586-597.
- Johnson, M.T.; F. Gould & G.G. Kennedy. 1997. Effect of natural enemies on relative fitness of *Heliothis virescens* genotypes adapted and not adapted to resistant host plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 82: 219-30.
- Joublan, J.P & M. Vergara. 2003. Desarrollo vegetativo y productivo de la frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.), utilizando una cubierta de agrotexil de diferentes densidades. *Agro Sur*, 31(1): 37-47.
- Juarez Ferla, N.; M.M. Marchetti & D. Gonçalves. 2007. Ácaros predadores (Acari) associados à cultura do morango (*Fragaria* sp, Rosaceae) e plantas próximas no Estado do Rio Grande do Sul. *Biota Neotropica*, 7(2): 1-8.
- Karban, R. & J.H Myers. 1989. Induced plant responses to herbivory. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20: 331-348.

- Karban, R.; G. English-Loeb; M.A.Walker & J. Thaler. 1995. Abundance of phytoseiid mites on *Vitis* species: effects of leaf hairs, domatia, prey abundance and plant phylogeny. *Experimental and Applied Acarology*, 19: 189-197.
- Karban, R. & I.T. Baldwin. 1997. *Induced Responses to Herbivory*. The University of Chicago Press. Chicago, USA, 319 p.
- Kauffman, W.C. & G.C. Kennedy. 1989. Relationship between trichome density in tomato and parasitism of *Heliothis* spp (Lepidoptera: Noctuidae) eggs by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Environmental Entomology*, 18: 698-704.
- Kavousi, A.; H. Chi; K. Talebi; A. Bandani; A. Ashouri & V.H. Naveh. 2009. Demographic Traits of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on leaf disc and whole leaves. *Jopurnal of Economic Entomology*, 102(2): 595-601.
- Kazak, C. & C. Kibritçi. 2008. Population parameters of *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval (Prostigmata: Tetranychidae) on eight strawberry cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 19-27.
- Kenkel, P. 2007. Economics of host plant resistance in integrated pest management systems. In: Koul, O. & G.W. Cuperus (Eds.), *Ecologically Based Intregated Pest Management*, Ch. 9: 194-199
- Khan, S.M. 2011. Varietal performance and chemical control used as tactics against sucking insect pest of cotton. *Sarhad Journal of Agriculture*, 27(2): 255-261.
- Khanjani, M. 2005. *Field Crop Pests (Insects and Mites) in Iran*. Hamadan, Iran, Bu-Ali Sina University Press, 258 p.
- Kielkiewicz, M. & M. van de Vrie. 1983. Histological studies on strawberry leaves damaged by the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*): some aspects of plant self defence. *Faculteit Landbouwwetenschappen Gent*, 48: 236-245.
- Kielkiewicz, M. 1985. Ultrastructural changes in strawberry leaves infested by two-spotted spider mites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 37: 49-54.
- Kim, T.; J. Ahn & J.H. Lee. 2009. Temperature-dependent developmental model of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Applied Entomology*, 133: 284-291.
- Kirschbaum, D. & J. Hancock, 2000. *The strawberry industry in South America*. Hort Science American Society For Horticultural Science, 35(5): 807-811.
- Klapwijk, J.; I. Hatherly, K. Bolckmans & J. Bale. 2006. Risk assessment of the exotic predatory mite *Neoseiulus californicus* for use as an augmentative (inundative)

- biological control agent in Northern Europe. Regulation of Biological Control agent REBECA Workshop Salzau, Germany, Pp. 1-6.
- Klingen, I. & K. Westrum. 2007. The effect of pesticides used in strawberries on the phytophagous mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its fungal natural enemy *Neozygites floridana* (Zygomycetes: Entomophthorales). *Biological Control*, 43: 222-230.
- Knop, N.F. & M.A. Hoy. 1983. Tydeid mites in vineyards. *California Agriculture*, 37(11/12): 16-18.
- Kogan, M. & M. Shenk. 2002. Conceptualización del manejo integrado de plagas en escalas espaciales y niveles de integración más amplios. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 65: 34-42.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43: 243-270.
- Konanz, S. & R. Nauen. 2004. Purification and partial characterization of a glutathione S-transferase from the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Pesticide and Biochemistry and Physiology*, 79: 49-57.
- Kostiainen, T. & M.A. Hoy. 1994. Egg-harvesting allows large scale rearing of *Amblyseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae) in the laboratory. *Experimental and Applied Acarology*, 18: 155-165.
- Krantz, G.W. 1978. *A Manual of Acarology*. Corvallis, Oregon State University, 509 p.
- Krczal, H. 1982. Investigations on the biology of the strawberry aphid (*Chaetosiphon fragaefolii*), the most important vector of strawberry viruses in West Germany. *Acta Horticulturae*, 129: 63-68.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*, Second Edition. Addison-Wesley Educational Publisher, Inc. Menlo Park, CA., 620 p.
- Krips, O.E.; A. Witul; P.E.L. Willems & M. Dicke. 1998. Intrinsic rate of population increase of the spider mite *Tetranychus urticae* on the ornamental crop gerbera: intraspecific variation in host plant and herbivore. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 89: 159-168.
- Krips, O.E.; P.E.L. Willems & M. Dicke. 1999. Compatibility of host plant resistance and biological control of the Two-Spotted spider mite *Tetranychus urticae* in the ornamental crop gerbera. *Biological Control*, 16: 155-163.

- Kustutan, O. & I. Çakmak. 2009. Development, fecundity, and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (McGregor) fed *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval. Turkish Journal of Agriculture For, 33: 19-28.
- Laing, J.E. & N.F. Knop. 1983. Potential use of predaceous mites other than Phytoseiidae for biological control of orchard pests. In: Hoy, M.A.; G.L. Cunningham & L. Knutson (Eds.). Biological Control of Pests by Mites, University of California, Special Publ., N° 3304, Berkeley, CA., Pp. 28-35.
- Landis, D.; S.D. Wratten & G.M. Gurr. 2000. Habitat management for natural enemies. Annual Review of Entomology, 45: 175-201.
- Labanowska, B.H. 2007. Susceptibility of strawberry cultivars to the two-spotted spider (*Tetranychus urticae* Koch). Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 15: 133-146.
- Latin Berries. 2008. <http://www.latinberries.net> [19 de octubre de 2011].
- Levin, D.A. 1973. The role of trichomes in plant defense. The quarterly review of biology, 48: 3-15.
- Lourenção, A.L.; G.J. Moraes, F.A. Passos; G.M.B. Ambrosano; E. Lásaro & V.F. Silva. 2000. Resistência de Morangueiros a *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 29(2): 339-346.
- Lemos, F.; R. Almeida Sarmiento; A. Pallini; C. Rosa Dias; M.W. Sabelis & A. Janssen. 2010. Spider mite web mediates anti-predator behaviour. Experimental and Applied Acarology, 52: 1-10.
- Liburd, O.E.; J.C. White; E.M. Rhodes & A.A. Browdy. 2007. The residual and direct effects of reduced-risk and conventional miticides on twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and predatory mites (Acari: Phytoseiidae). Florida Entomologist, 90: 249-257
- Loughner, R.; K. Goldman; G. Loeb & J. Nyrop. 2008. Influence of leaf trichomes on predatory mite (*Typhlodromus pyri*) abundance in grape varieties. Experimental and Applied Acarology, 45: 111-122.
- Luczinsky, A. 1988. Chemical and morphological factors of resistance against the twospotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) in beach strawberry *Fragaria chiloensis* (L) Duchesne). Thesis. University British Columbia.
- Luczynski, A.; M.B. Isman; D.A. Raworth & C.K. Chan. 1990. Chemical and morphological factors of resistance against the twospotted spider mite in beach strawberry. Journal of Economical Entomology, 83: 564-569

- Ma, W.L. & J.E. Laing. 1973. Biology, potential of increase and prey consumption of *Amblyseius chilenensis* (Dosse) [Acarina: Phytoseiidae]. *Entomophaga*, 18: 47-60.
- McGovern, W.L. & W.H. Cross. 1976. Effects of two cotton varieties on levels of boll weevil parasitism (Coleoptera: Curculionidae). *Entomophaga*, 21: 123-125.
- Marafeli, P. de P.; P.R. Reis; E.C. da Silveira; M.A. de Toledo & G.C. Souza-Pimentel. 2011. *Neoseiulus californicus* (Mc Gregor, 1954) preying in different life stages of *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Acarologia*, 51(4): 499-506.
- Marcic, D. 2007. Sublethal effects of spiroticlofen on life history and life-table parameters of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Experimental and Applied Acarology*, 42: 121-129.
- Marcic, D.; S. Mutavdzic; I. Medjo; M. Prijovic & P. Percic. 2011. Field and greenhouse evaluation of spiroticlofen against *Panonychus ulmi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Serbia. In: De Moraes & H. Proctor (Eds.), *Acarology XIII: Proceedings of the International Congress, Zoosymposia*, 6: 93-98.
- Makoto, M.; K. Tomotoshi; M. Shigeki & T. Masami. 2005. Predation rate of *Neoseiulus californicus* (McGregor) on three species of greenhouse thrips. *Kyushu Plant Protection Research*, 51: 73-77.
- Maoz, Y.; S. Gal; J. Abrahams; S. Gan-Mor; M. Coll & E. Palevsky. 2008. Pollen provisioning enhances *Euseius scutalis* (Phytoseiidae) populations and improves control of *Oligonychus perseae* (Tetranychidae), In: Mason, P.G.; D.R. Gillespie & D. Vincent (Eds.), *Proceedings of IBSCA*, 3: 339-345
- Maredia, K.M. 2003. In: Maredia, K.M.; D. Dakouo & D. Mota Sanchez (Eds). *Integrated Pest Management in the Global Arenas*, Ch.1: 1-8.
- Marzocca, A.; O.J.V. Mársico & O. del Puerto. 1976. *Manual de malezas*. Hemisferio Sur S.A. (Ed.). Tercera edición, 546 p.
- Matteucci, D.S. & A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C., 168 p.
- Mauricio, R.; M.D. Rausher & D.S. Burdick. 1997. Variation on the defense strategies of plants: are resistance and tolerance mutually exclusive? *Ecology*, 78(5): 1301-1311.
- McMurtry, J.A. & D.L. Flaherty. 1977. An ecological study of the spider mite *Oligonychus punicae* (Hirst) and its natural enemies. *Hilgardia*, 37: 363-402.

- McMurtry, J.A. 1992. Dynamics and potential impact of 'generalist' phytoseiids in agroecosystems and possibilities for establishment of exotic species. *Experimental and Applied Acarology*, 14: 371-382.
- McMurtry, J.A. & B.A. Croft. 1997. Life styles of phytoseiid mites and their roles as biological control agents. *Annual Review of Entomology*, 42: 291-321.
- Meaguer, R.J. 1994. Resistance of beeding plants to two spider mites and sweet patato whitefly. *Subtropical Plant Science*, 46: 62-65.
- Mena-Covarrubias, J. 2009. Alternativas de control biológico de plagas en nopal. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal". Campus de Ciencias Agropecuarias, UANL. Escobedo, Nuevo León, México. Pp. 95-110.
- Mesa, N.C.; A.R. Braun & A.C. Belotti. 1990. Comparison of *Mononychellus progresivus* and *Tetranychus urticae* as prey for five species of phytoseiid mites. *Experimental and Applied Acarology*, 9: 159-168.
- Messina, F. & J. Hanks. 1998. Host plant alters the shape of the functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 27: 1196-1202.
- Miserendino, E. 2007. Frutilla: Implantación del cultivo bajo cubierta en Patagonia. *Agricultura*, 12: 45-48.
- Mitchell, R. 1973. Growth and population dynamics of a spider mite (*Tetranychus urticae* K., Acarina: Tetranychidae). *Ecology*, 54(6): 1349-1355.
- Mitidieri, A. & J.C. Zembo. 2010. En el Cinturón Hortícola de Buenos Aires. Importancia del cultivar, el tipo y la calidad de la planta sobre la productividad de la frutilla. *Idia XXI*, 85-90.
- MMA-ME, 2005. Censo Florihortícola de Buenos Aires. Ministerio de Asuntos Agrarios y Ministerio de Economía. Consejo Federal de Inversiones. Buenos Aires. 115 p.
- Molnár, J. 1990. The study of *Tydeus caudatus* in vineyards. *Növényvédelem*, 26: 109-111.
- Monetti, L. 1995. Dinámica estacional de ácaros fitófagos y predadores (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae) en plantaciones de manzano de Argentina, con prácticas de desherbado alternadas, *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas*, 21: 231-241.
- Monetti, L.N. & B.A. Croft. 1997. *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Neoseiulus fallacis* (Garman): larval responses to prey and humidity, nymphal feeding drive and nymphal predation on phytoseiid eggs. *Experimental and Applied Acarology*, 21: 225-234.

- Morewood, W.D. 1993. Diapause and cold hardiness of phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae), *Journal of European Entomology*, 93: 3-10.
- Morewood, W.D. & L.A. Gilkeson. 1991. Diapause induction in the thrips predator *Amblyseius cucumeris* (Acarina: Phytoseiidae) under greenhouse conditions. *Entomophaga*, 36: 253-263.
- Mori, H. & Y. Saito. 1979. Biological control of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) populations by the three species of phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae). *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University*, 59: 303-311.
- Nachman, G. 1987. Systems analysis of acarine predator-prey interactions. I. A stochastic simulation model of spatial processes. *Journal of Animal Ecology*, 56: 247-265.
- Nicholls, C.I. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Universidad de Antioquia (Eds). Cap. 5: 159-206.
- Nicholls, C.I. & M.A. Altieri. 2002. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 65: 50-64.
- Niemczyk, E. 2007. Species, occurrence and role of tydeid mites (Acari, Tydeidae) in apple orchards. In: Behan-Pelletier, V. / Ueckermann, E. / Perez, T.M. / Estrada-Venegas, E.G. / Badii, M. (Eds.) *Acarology XI: Proceedings of the International Congress*. - Instituto de Biología and Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México Sociedad Latinoamericana de Acarología, México, Pp. 365-372.
- Nome, S.F. & V. Yossen. 1980. Identificación de virus de frutilla en Argentina. I. virus del moteado de la frutilla (Strawberry mottle virus). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, XV(2): 245-257.
- Nomikou, M.; A. Janssen & M.W. Sabellis. 2003. Phytoseiid predators of whiteflies feed and reproduce on non-prey food sources. *Experimental and Applied Acarology*, 31: 15-26.
- Norris, R.F. & M. Kogan. 2005. Ecology of interactions between weeds and arthropods. *Annual Review of Entomology*, 50: 479-503.
- Oatman, E.R.; J.A. McMurtry; F.E. Gilstrap & V. Voth. 1977. Effect of releases of *Amblyseius californicus*, *Phytoseiulus persimilis* and *Typhlodromus occidentalis* on the two-spotted spider mite on strawberry in southern California. *Journal of Economic Entomology*, 70: 45-47.

- Oatman; E.R.; J.A. Wyman; H.W. Browning & V. Voth. 1981. Effects of releases and varying infestation levels of the twospotted spider mite on strawberry yield in southern California. *Journal of Economic Entomology*, 74: 112-115.
- Oatman, E.R.; F.V. Sances; L.F. LaPre, N.C. Toscano & V. Voth. 1982. Effect of different infestation levels of the twos-potted spider mite on strawberry yield in winter plantings in southern California. *Journal of Economic Entomology*, 75: 94-96.
- Oatman, E.R; M.E. Badgley & G.R. Platner. 1985. Predators of the two-spotted spider mite on strawberry. *California Agriculture*, 39(1-2): 9-12.
- O'Brien, T.P. & M.E. Mc Cully. 1981. The study of plant structure. Principles and selected methods. Melbourne: Termacarphy Pty. Ltd. Melbourne, 357 p.
- Obrycki, J.J. & M.J. Tauber. 1984. Natural enemy activity on glandular pubescent potato plants in the greenhouse: An unreliable predictor of effects in the field. *Environmental Entomology*, 13: 679-683.
- Oku, K. 2008. Role of excreta in predator avoidance by the Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae). *European Journal of Entomology*, 105: 619-623.
- Oku, K.; S. Yano & A. Takafuji. 2006. Host plant acceptance by the phytophagous mite *Tetranychus kanzawai* Kishida is affected by the availability of a refuge on the leaf surface. *Ecological Research*, 21: 446-452.
- Oliveira, H.; A. Janssen; A. Pallini; M. Venzon; M. Fadini & V. Duarte. 2007. A phytoseiid predator from the tropics as potential biological control agent for the spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Biological Control*, 42: 105-109.
- Onyambus, G.K.; R.O. Maranga; L.M. Gitonga & M. Knapp. 2011. Host plant resistance among tomato accessions to the spider mite *Tetranychus evansi* in Kenya. *Experimental and Applied Acarology*, 54: 385-393.
- Overmeer, W.P.J. 1985. Diapause. In: Helle, W. & M.W Sabelis (Eds.). Spider mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, vol.1B. Elsevier, Amsterdam, Pp. 95-102.
- Ovrusky, S.M.; C. Colin; A. Soria; L.E. Oroño & P. Schliserman. 2003. Introducción y producción en laboratorio de *Diachasmimorpha tryoni* y *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) para el control biológico de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en la Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 62 (3-4): 49-59.
- Palevsky, E.; H. Reuveny; O. Okonis & U. Gerson. 1999. Comparative behavioural studies of larval and adult stages of the phytoseiids (Acari: Mesostigmata) *Typhlodromus*

- athiasae* and *Neoseiulus californicus*. Experimental and Applied Acarology, 23: 467-485.
- Palevsky, A.; A. Walzer; S. Gal & P. Schausberger. 2008. Evaluation of dry-adapted strains of the predatory mite *Neoseiulus californicus* for spider mite control on cucumber, strawberry and pepper. Experimental and Applied Acarology, 45:15-27.
- Palevsky, E.; S. Gal; Y. Maoz; Y. Abrahams; E. Melamed; S. Domeratzky; S. Gross; S. Shmueli,; S. Gan-Mor; B. Ronen & Y. Argov. 2010. Windborne pollen provisioning cover crops (WPPCC) for enhancing the population levels of *Euseius scutalis* and improving citrus rust mite control. IOBC/wprs Bulletin 62: 93-97.
- Papadopoulos, G.D. & G.Th. Papadoulis. 2008. Effect of seven different pollens on biological parameters of the predatory mite *Typhlodromus foenilis* (Acari: Phytoseiidae). Physiological Ecology, Environmental Entomology, 37(2): 340-347.
- Pedigo, K.P. & L.G. Higley. 1992. The economic injury level concept and environmental quality: a new perspective. American Entomologist, 38:12-21.
- Penagos, D.I.; R. Magallanes; J. Valle; J. Cisneros; A.M. Martinez; D. Goulson; J.W. Chapman; P. Caballero; R.D. Cave & T. Williams. 2003. Effect of weeds on insect pests of maize and their natural enemies in Southern Mexico. International Journal of Pest Management, 49(2): 155-161.
- Petrova, V.; Z. Cudare; I. Steinite & V. Laugale. 2000. Preliminary studies on resistance of some strawberry cultivars to spider mite *Tetranychus urticae*. IOBC WPRS Bulletin, 23: 119-122.
- Pickett, C.H. & F.E. Gilstrap. 1986. Inoculative releases of phytoseiids (Acari) for the biological control of spider mites (Acari: Tetranychidae) in corn. Environmental Entomology, 15: 790-794
- Prokopy, R.J. & M. Kogan. 2003. Integrated pest management. In: Cardé, R.T. & V.R. Resh (Eds.). Academic Press, San Diego, California, Pp. 589-595.
- Polack, A.; M. Del Pino; C. Silvestre & I. Olariaga. 2008. Control biológico de plagas en pimiento bajo invernáculo ¿realidad o fantasía? XXXI Congreso de Horticultura. Mar del Plata, Resumen N° 444, Pp. 139.
- Pozzebon, A. & C. Duso. 2008. Grape downy mildew *Plasmopara viticola*, an alternative food for generalist predatory mites occurring in vineyards. Biological Control, 45: 441-449.

- Pratt, P.D.; L.N. Monetti & B.A. Croft. 1998. Within- and between-plant dispersal and distributions of *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) in simulated bean and apple plant systems. *Environmental Entomology*, 27: 148-153
- Price, P.W.; C.E. Bouton; P. Gross; B.A. McPherson; J.N. Thompson & A.E. Weis. 1980. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 41-65.
- Price, P.W. 1986. Ecological aspects of host plant resistance and biological control: interactions among three trophic levels. *See Reference*, 18: 11-30.
- Price, J.F.; D.E. Legard & C.K. Chandler. 2000. Mite Resistance to abamectin on strawberry and strategies for resistance management. In: Hietaranta, T.; M.M. Linna; P. Palonen & P. Parikk (Eds). *Proceeding 4th International Strawberry Symposium. Acta Horticulturae*, 567: 683-685.
- Pritchard, A.E. & E.W. Baker. 1955. A revision of the spider mite family Tetranychidae. *The Pacific Coast Entomology Society*, 2: 436 p.
- Pritts, M. & D. Handley. 1999. The history and biology of the cultivated strawberry. In: *Strawberry production guide for Northeast, Midwest and Eastern Canada*. Northeast Regional Agriculture Engineering Service. Cooperative Extension. New York, U.S.A, Pp. 3-12.
- Prokopy, R.J. & M. Kogan. 2003. Integrated pest management. In: Cardé, R.T. & V.R. Resh (Eds.). *Academic Press*, San Diego, California, Pp. 589-595
- Ragusa, E.; H. Tsolakis & R. Jordá Palomero. 2009. Effect of pollens and preys on various biological parameters of the generalist mite *Cydnodromus californicus*. *Bulletin of Insectology*, 62(2): 153-158.
- Ramnath, S. & S. Uthamasamy. 1995. Interaction of host-plant resistance and natural enemies for the management of boll-worm, *Heliothis armigera* on cotton. In: Ananthakrishnan, T. (Ed.). *Emerging trends in biological control of Phytophagous Insects*, Oxford and IBH Publishing Company, New Delhi, Pp. 83-100.
- Razjmou, J.; C. Vorbuerger; H. Tavakkoli & A. Fallahi. 2009. Comparative population growth parameters of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), on different common bean cultivar. *Systematic & Applied Acarology*, 14: 83-90.

- Razmjou, J.; H. Tavakkoli & M. Nemati. 2009. Life history traits of *Tetranychus urticae* Koch on three legumes (Acari: Tetranychidae). *Munis Entomology and Zoology*, 4(1): 204-211.
- Rasmy, A.H. & E.M. Elbanhawy. 1974. Behavior and bionomics of the predatory mite *Phytoseius plumifer* (Acarina: Phytoseiidae) as affected by physical surface features of host plant. *Entomophaga*, 19: 255-257.
- Raworth, D.A.; G. Fauvel & P. Auger. 1994. Location, reproduction and movement of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) during autumn, winter and spring in orchards in the south of France. *Experimental and Applied Acarology*, 18: 593-602.
- Regev, S. & W.W. Cone. 1980. The monoterpene citronellol as a male sex attractant of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Journal of Environmental Entomology*, 9:50-52,
- Rhodes, E.M.; O.E. Liburd; C. Kelts; S.I. Rondon & R.R. Francis. 2006. Comparison of single and combination treatments of *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus*, and Acramite (bifenazate) for control of twospotted spider mites in strawberries. *Experimental and Applied Acarology*, 39: 213-225.
- Rhodes, E.M. & O.E. Liburd. 2009. Features creatures. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/beneficial/Neoseiulus_californicus.htm [5 de agosto de 2012].
- Riahi, E.; A. Nemati; P. Shishehbor & Z. Saeidir. 2011. Population growth parameters of the two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on three peach varieties. *Acarologia*, 51(4): 473-480.
- Riggin, T.M.; B.R. Wiseman; D.J. Isenhour & K.E. Espelie. 1992. Incidence of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids on resistant and susceptible corn genotypes. *Environmental Entomology*, 21: 888-895.
- Ripa, R.; P. Larral & S. Rodríguez. 2008. Control Biológico. En: Ripa, R. & P. Larral (Eds.) *Manejo de plagas en paltos y cítricos*. Cap. 4: 61-68.
- Rizzieri, D.A.; T.J. Dennehy & T.J. Glover. 1988. Genetic analysis of Dicofol resistance in two populations of Twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) from New York apple orchards. *Journal of Economic Entomology*, 81: 1271-1276.
- Rodriguez, J.G. & L.D. Rodriguez. 1987: Nutritional ecology of phytophagous mites. In: Slansky, F. & J. Rodriguez (Eds.). *Nutritional Ecology of Insects, Mites, Spiders and Related Invertebrates*. New York: Wiley-Interscience, Pp. 177-208.

- Rodríguez, M.; M. Sánchez; M. Navarro & V. Aparicio. 2003. *Neoseiulus californicus* (McGregor), enemigo natural de la araña roja. *Revista Horticultura*, 167: 70-72.
- Root, R.B. 1973. Organization of a plant arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monograph*, 43: 95-124.
- Sabelis, M.W. 1981. Biological control of the two spotted spider mites using phytoseiid predators. Modelling the predator-prey interaction at the individual level, Parte I. *Agriculture Research Reports*, 910. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 241p.
- Sabelis, M.W. 1985. Reproductive strategies. In Helle, W. & M.W. Sabelis (Eds.), *Spider mites. Their biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier, Amsterdam, vol. 1A, Pp. 265-278.
- Sadrás, V.O.; L.J. Wilson, & D.A. Rally. 1998. Water deficit enhanced cotton resistance to spider mite herbivory. *Annals of Botany*, 81: 273-286.
- Saei-Deghan, M.; H. Allahyari; A. Saboori, J. Nowzari & V.Hosseini Naveh. 2009. Fitness of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on different soybean cultivars: biology and fertility life-table. *International Journal of Acarology*, 35(4): 341-347.
- SAGPyA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. 2006. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/dimeagro> [7 de julio de 2011].
- Saito, Y. 1983. The concept of "life types" in Tetranychinae. An attempt of classify the spinning behaviour of Tetranychinae. *Acarologia*, 24: 377-391.
- Salas-Araiza, M.D. & E. Salazar-Solís. 2003. Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta universitaria*, Universidad de Guanajuato, México, 13(1): 29-35.
- Salvador Figueras, M. 2003. "Análisis de Correspondencias", [en línea] 5campus.com, Estadística <http://www.5campus.com/leccion/correspondencias> [10 de noviembre de 2011].
- Sances, F.V.; J.A. Wyman & F.P. Ting. 1979. Physiological responses to spider mite infestations on strawberries. *Journal of Environmental Entomology*, 8: 711-714.
- Sánchez de Prager, M.; M. Prager Mosquera, D.I. Sánchez & P. Sarria. 2009. Indicadores de sostenibilidad con enfoque agroecológico en agroecosistemas tropicales. En: *Vertientes del Pensamiento Agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones*. Altieri M. (Ed.). SOCLA, Medellín, Colombia, Pp. 321-344.
- Sandhu, G.S & S.K Gupta. 1977. Mites as pest vegetables. *Punjab Vegetables Grower*, 12: 9-12.

- Sarandón, S.J. & R. Sarandón. 1993. Un enfoque ecológico para una agricultura sustentable. En: Goin F y C Goñi (Eds.) Bases para una política ambiental de la R. Argentina. Sección III, Cap.19: 279-286.
- Sato, M.E.; M. da Silva; L.R. Gonçalves; M.F. Souza Filho & A Raga. 2002. Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. Neotropical Entomological, 31: 449-456.
- Sato, M.E; T. Miyata; M. Da Silva; A. Raga & M.F. De Souza Filho. 2004. Selections for fenpyroximate resistance and susceptibility, and inheritance, cross-resistance and stability of fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Applied of Entomology zoology, 39(2): 293-302.
- Sato, M.E.; M.Z. Da Silva, M.F. De Souza Filho; A.L. Matioli & A. Raga. 2007. Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. Experimental and Applied Acarology, 42:107-120.
- Sazo, L.; I. Astorga & J.E. Araya. 2005. Efecto de dioctil sulfosuccinato sódico en las arañas *Panonychus ulmi* (Koch) (Tetranychidae) y *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae) en manzanos en la zona central de Chile. Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas, 31: 623-630.
- Sazo, L.; J.E. Araya & P. Iturriaga. 2006. Efecto del tipo de polen sobre la supervivencia, fertilidad y viabilidad de los huevos de *Neoseiulus californicus* (Mc Gregor) (Acari: Phytoseiidae). Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas, 32: 619-623.
- Schausberger, P. 2003. Cannibalism among phytoseiid mites: a review. Experimental and Applied Acarology 29: 173-191.
- Schausberger, P. & B.A. Croft. 1999. Predation on and discrimination between con- and heterospecific eggs among specialist and generalist phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). Environmental Entomology, 23: 523-528.
- Schausberger, P. & B.A. Croft. 2000. Cannibalism and intraguild predation among phytoseiid mites: Are aggressiveness and prey preference related to diet specialization? Experimental and Applied Acarology, 24: 709-725.
- Schausberger, P. & A. Walzer. 2001. Combined versus single species release of predaceous mites: predator-predator interactions and pest suppression. Biological Control, 20: 269-278.

- Scheiner, S.M. & J. Gurevitch. 2001. Design and Analysis of Ecological Experiments. Oxford: Oxford University Press, 432 p.
- Schneider, M.I.; N. Sánchez; S. Pineda; H. Chi & A. Ronco. 2009. Impact of glyphosate on the development, fertility and demography of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Ecological Approach. Chemosphere, 76: 1451-1455.
- Schuster, R. & A. Pritchard. 1963. Phytoseiid Mites of California. Hilgardia 34(7): 191-285.
- Shakya, S.; P.G. Weintraub & M. Coll. 2009. Effect of pollen supplement on intraguild predatory interactions between two omnivores: The importance of spatial dynamics. Biological Control, 50: 281-287
- Shanks, C.H. Jr. & B.H. Barritt. 1975. Resistance of strawberries to the twospotted spider mite. Journal of Economic Entomology, 68: 7-10.
- Shanks, C.H. & B.H. Barritt. 1984. Resistance of *Fragaria chiloensis* clones to the twospotted spider mite. HortScience, 19(5): 640-641.
- Shanks, C.H. Jr. & P.P. Moore. 1995. Resistance to twospotted spider mite and strawberry aphid in *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. × ananassa* clones, HortScience, 30(3): 596-599.
- Shanks, C.H. Jr.; C.K. Chandler; E.D. Show & P.P. Moore. 1995. *Fragaria* resistance to spider mites at three locations in the United States. HortScience, 30(5): 1068-1069.
- Shih C; T. Sidney; L. Poe & H.L. Cromroy. 1976. Biology, life table, and intrinsic rate of increase of *Tetranychus urticae*. Annals of the Entomological Society of America, 69: 362-364.
- Sinavimo, Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. 2009. <http://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/frutilla> [23 de septiembre de 2011].
- Skorupska, A. 2004. Resistance of apple cultivars to two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina, Tetranychidae) Part II. Influence of leaf pubescence of selected apple cultivars on fecundity of two-spotted spider mite. Journal of Plant Protection Research, 44(1): 69-74.
- Smith, R. F. 1978. History and complexity of integrated pest management. In: Smith, E.H. & D. Pimentel (Eds.). Pest control strategies, Academic Press, New York, n° 3, Pp. 41-53.
- Smith, D. & D.F. Papacek. 1991. Studies of the predatory mite *Amblyseius victoriensis* (Acarina: Phytoseiidae) in citrus orchards in south-east Queensland: control of *Tegolophus australis* and *Phyllocoptruta oleivora* (Acarina: Eriophyidae), effects of

- pesticides, alternative host plants and augmentative release. *Experimental and Applied Acarology*, 12: 195-217.
- Sokal R.R. & F.J. Rohlf, 1995. *Biometry*. W.H. Freeman, New York. 885 p.
- Speight, M.R. 1983. The potential of ecosystem management for pest control. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 10: 183-199.
- Stark, J.D. & J.E. Banks. 2003. Population level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, 48: 505-519.
- Steinite, I. & G. Ievinsh. 2002. Wound-induced responses in leaves of strawberry cultivars differing in susceptibility to spider mite. *Journal of Plant Physiology*, 159: 491-497.
- Steinite, I. & G. Ievinsh. 2003. Possible role of trichomes in resistance of strawberry cultivars against spider mite. *Acta Universitatis Latviensis*, 662: 59-65.
- Stern, V.M.; R.F. Smith; R. Van Den Bosch & K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia*, 29: 81-101.
- Stirski, J.D.; I. Kaplan & M.D. Eubanks. 2006. Plant trichomes indirectly enhance tritrophic interactions involving a generalist predator, the red imported fire ant. *Biological Control*, 36: 375-384.
- Stonneveld, T.; H. Wainwright & L. Labuschagne. 1996. Development of twospotted spider mite (Acari:Tetranychidae) populations on strawberry and raspberry cultivars. *Annals of Applied Biology*, 129: 405-413.
- Stout, M. & J. Davis. 2009. Keys to the increased use of host plant resistance in integrated pest management. In: Peshin, R. & A.K. Dhawan (Eds.), *Integrated Pest Management: Innovation-Development*, Ch. 9: 163-181.
- Strauss, S.Y. and A.A. Agrawal. 1999. Ecology and evolution of plant tolerance herbivory. *Trends in Ecology and Evolution*, 14: 179-185.
- Strong, W.B. & B.A. Croft. 1995. Inoculative release of phytoseiid mites into the rapidly expanding canopy of hop for control of *Tetranychus urticae* Koch. *Environmental Entomology*, 24: 446-453.
- Stumpf, N.; P.W. Claus; W. Kraus, G.D. Moores & R. Nauen. 2001. Resistance to organophosphates and biochemical genotyping of acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide and Biochemistry and Physiology*, 69: 131-142.
- Stumpf, N. & R. Nauen. 2002. Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide and Biochemistry and Physiology*, 72: 111-121.

- Stupino, S.A; J.L. Frangi & S.J. Sarandón. 2012. Caracterización de fincas hortícolas según el manejo de los cultivos, La Plata, Argentina. Acta 7^{mo} Congreso de Medio Ambiente AUGM, La Plata, 25 p.
- Sudzuki, F. 1992. Cultivo de frutales menores. Ed. Universitaria, Santiago, Chile. (2^a ed.), 194 p.
- Swift, F.C. 1987. Diapause induction in *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae). Environmental Entomology, 16: 72-76.
- Swirski, E.; S. Amitai & N. Dorzia. 1970. Laboratory studies on the feeding habits, post-embryonic survival and oviposition of the predaceous mites *Amblyseius chilensis* Dosse and *Amblyseius hibisci* Chant (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. Entomophaga.15: 93-106.
- Takafuji, A. & M. Kamibayashi. 1984. Life cycle of a non-diapausing population of the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch in a pear orchard. Research on Population Ecology (Kyoto), 26: 113-123.
- Takafuji, A.; P.M. So & N. Tsuno. 1991. Inter and intra population variation in diapause attribute of the two spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch, in Japan. 1991. Researches on Population Ecology, 33: 331-344.
- Takahashi, F. & D.A. Chant. 1993. Phylogenetic relationships in the genus *Phytoseiulus* Evans (Acari: Phytoseiidae) I Geographic distribution. International Journal of Acarology, 19: 15-22.
- Takematsu, A.P., N.S. Filho, M.F. de Souza Filho & M.E. Sato. 1994. Sensibilidade de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) proveniente de roseira (*Rosa* sp.) de Holambra-SP a alguns acaricidas. Revista de Agricultura (Piracicaba), 69(2): 129-137.
- Tanigoshi, L.K. & R.W. Davis, 1978. An ultrastructural study of *Tetranychus mcdanielli* feeding injury to the leaves of red delicious apple (Acari: Tetranychidae). International Journal of Acarology, 4: 47-56.
- Tanigoshi, L.K.; B. Mégevand & J.S. Yaninek. 1993. Non-prey food for subsistence of *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) on cassava in Africa. Experimental and Applied Acarology, 17: 91-96.
- Thaler, J.S.; A.L. Fidantsef; S.S. Duffey & R.M. Bostock. 1999. Trade-offs in plant defense against pathogens and herbivores: a field demonstration of chemical elicitors of induced resistance. Journal of Chemical Ecology, 25: 1597-1609.

- Thompson, J.N. 1998. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytofagous insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 43: 3-14.
- Tiexer, M.S.; S. Kreiter & G.J. De Moraes. 2008. Biogeographic distribution of the Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). *Biological Journal of the Linnean Society*, 93: 845-856.
- Tito, G.M. 2008. Efecto de la diversidad vegetal sobre la abundancia de plagas en el cultivo de frutilla en invernáculo. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, La Plata.
- Torre Figueiredo, A.S.; J.T. Vilela Resende; R.G. Ferreira Morales; A.P. Santos Gonçalves & P.R. Da Silva. 2012. The role of glandular and non-glandular trichomes in the negative interactions between strawberry cultivars and spider mite. *Arthropod-Plant Interactions*, Pp.1-6.
- Toyoshima, S. & N. Hinomoto. 2004. Intraspecific variation of reproductive characteristics of *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acarina: Phytoseiidae). *Applied Entomology and Zoology*, 39(3): 351-355.
- Treacy, M.F.; G.R. Zummo & J.H. Benedict. 1985. Interactions of host-plant resistance in cotton with predators and parasites. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 13: 151-157.
- Turner, J.W. 1983. Influence of plant species on the movement of *Trissolcus basal* Woolaston (Himenoptera: Scelionidae) -A parasite of *Nezara viridula* L. *Journal of Australian Entomological Society*, 22: 271-272.
- Uselis, N.; A. Valiuskaite & L. Raudonis. 2006. Incidence of fungal leaf diseases and phytophagous mites in different strawberry cultivars. *Agronomy Research*. 4 (Special Issue): 421-425.
- van Baalen, M.; V. Krivan; P.C.J. van Rijn & M.W. Sabelis. 2001. Alternative Food, switching predators, and the persistence of predator-prey systems. *The American Naturalist*, 157(5): 1-13.
- van de Klashorst, G; J.L. Readshaw; M.W. Sabelis & R. Lingeman. 1992. A demonstration of asynchronous local cycles in an acarine predator-prey system. *Experimental and Applied Acarology*, 14: 185-199.
- Van de Vrie, J.A.C.; J.A. McMurtry & C.B. Huffaker.,1972. Ecology of mites and their natural enemies. A review. III Biology, ecology, and pest status, and host plant relations of tetranychids. *Hilgardia*, 41: 354-432.

- Van de Vrie, M., & J.F. Price. 1994. Manual for control of Twospotted spider mites on strawberry in Florida. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences Dover Research Report DOV, 9 p.
- van den Boom, C.E.M.; T.A. van Beek & M. Dicke. 2003. Differences among plant species in acceptance by the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. Journal of Applied Entomology, 127: 177-183.
- Van Driesche, R.G; M.S. Hoddle & T.D. Center (Eds.). 2007. Liberación aumentativa de enemigos naturales en cultivos exteriores. En: Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. Cap.26: 495-516.
- Van Haren, R.J.F.; M.M. Steenhuis; M.W. Sabelis & O.M.W. De Ponti. 1987. Tomato stem trichome and dispersal success of *Phytoseiulus persimilis* relative to its prey *Tetranychus urticae*. Experimental and Applied Acarology, 3: 115-121.
- Van Houten, Y.M. 1989. Photoperiodic control of adult diapause in the predacious mite, *Amblyseius potentillae*: repeated diapauses induction and termination. Physiological Entomology, 14: 341-348.
- van Lenteren, J.C. 2000. Measures of success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. In: Wratten, S. & G. Gurr (Eds.), Measures of Success in Biological Control. Kluwer Academic Publishers, Dordrech, Pp. 77-103.
- van Lenteren, J.C. 2011. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. BioControl. Forum paper.
- van Lenteren J.C. & V.H.P. Bueno. 2003. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. BioControl 48: 123-139.
- van Rijn, P.C.J & L.K. Tanigoshi. 1999. Pollen as food for the predatory mites *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): dietary range and life history. Experimental and Applied Acarology, 23: 785-802
- Vantornhout, I.; H.L. Minnaert; L. Tirry & P. de Clercq. 2004. Effect of pollen, natural prey and factitious prey on the development of *Iphiseius degenerans*. BioControl, 49: 627-644.
- Vantornhout, I.; H.L. Minnaert; L. Tirry & P. de Clercq. 2005. Influence of diet on life table parameters of *Iphiseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology, 35: 183-195.
- Vargas, M.R.; N.P. Olivares & A.O. Cardemil. 2005. Desarrollo postembrionado y parámetros de tabla de vida de *Typhlodromus pyri* Scheuten, *Cydnodromus*

- californicus* (McGregor) (Acarina: Phytoseiidae) Y *Brevipalpus chilensis* Baker (Acarina: Tenuipalpidae). Agricultura Técnica (Chile), 65(2): 147-156.
- Veerman, A. 1992. Dipause in phytoseiid mites: a review. Experimental and Applied Acarology, 14: 1-60.
- Vet, L.E.M. & M. Dicke. 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. Annual Review of Entomology, 37: 141-172.
- Villegas-Elizalde, S.; J.C. Rodríguez-Maciel; S. Anaya-Rosales; H. Sánchez-Arroyo; J. Hernández-Morales & R. Bujanos-Muñiz. 2010. Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociado al cultivo de fresa en Zamora, Michocán. México. Agrociencia, 44: 75-81.
- von Engel, R. & B. Ohnesorge. 1994. Die Rolle von Ersatznahrung und Mikroklima im System *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari, Phytoseiidae) *Panonychus ulmi* Koch (Acari, Tetranychidae) auf Weinreben. I. Untersuchungen im Labor. Journal of Applied Entomology, 118: 129-150.
- Wade, M.R.; M.P. Zalucki; S.D. Wratten & K.A. Robinson. 2008. Conservation biological control of arthropods using artificial food sprays: Current status and future challenges. Biological Control, 45: 185-199.
- Wäckers, F.L. 2005. Suitability of (extra-) floral nectar, pollen, and honeydew as insect food sources. In: Wäckers, F.L.; P.C.J. van Rijn, & J. Bruin, (Eds.), Plant-Provided Food for Carnivorous Insects: A Protective Mutualism and its Applications. Cambridge University Press, Cambridge, Pp. 17-74.
- Wäckers, F.L.; P.C.J. van Rijn & G.E. Heimpel. 2008. Honeydew as a food source for natural enemies: Making the best of a bad meal? Biological Control, 45: 176-184.
- Waite, G.K. 1988. Integrated control of *Tetranychus urticae* in strawberries in southeast Queensland. Experimental and Applied Acarology, 5: 23-32.
- Walsh, D.B.; F.G. Zalom & D.V. Shaw. 1998. Interaction of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) with yield of day-neutral strawberries in California. Journal of Economic Entomology, 91: 678-685.
- Walsh D.; F.G. Zalom; D.V. Shaw; K.D. Larson. 2002. Yield reduction caused by twospotted spider mite feeding in an advanced-cycle strawberry breeding population. Journal of American Society HortScience, 127: 230-237.
- Walter, D.E. 1996. Living on leaves: mites, tomenta, and leaf tomatia. Annual Review of Entomology, 41: 101-114.

- Walzer, A. & P. Schausberger. 1999. Cannibalism and interspecific predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*: predation rates and effects on reproduction and juvenile development. *BioControl*, 43: 457-468.
- Walzer A.; S. Blümel & P.Schausberger 2001. Population dynamics of interacting predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*, held on detached bean leaves. *Experimental and Applied Acarology*, 25: 731-743.
- Walzer, A.; M. Castagnoli; S. Simoni; M. Liguori; E. Palevsky & P. Schausberger. 2007. Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: survival, development and reproduction. *Biological Control*, 41:42-52.
- Webster, J.A. 1975. Association of plant hairs and insect resistance. Miscellaneous publication. Agriculture Research Service, U.S. Department of Agriculture, N° 1297: 17 p.
- Weintraub, P. & E. Palevsky. 2008. Evaluation of an arid adapted strain of the predatory mites, *Neoseiulus californicus*, for spider mite control on greenhouse sweet pepper. *Experimental and Applied Acarology*, 45: 29-37.
- Wermelinger, B.; J.J. Oertli & J. Baumgärtner. 1991. Environmental factors affecting the life-tables of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), III. Host-plant nutrition. *Experimental & Applied Acarology*, 12: 259-274.
- Wiedemann, R.N. & J.W. Smith, Jr. 1997. Attributes of Natural Enemies in Ephemeral Crop Habitats. *Biological control*, 10: 16-22.
- Wilkinson, T.L.; D.A. Ashford; J. Pritchard & A.E. Douglas. 1997. Honeydew sugars and osmoregulation in the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. *Journal of Experimental Biology*, 200: 2137-2143.
- Wilkinson, T.K. & D.A. Landis. 2005. Habitat diversification in biological control: The role of plant resources. En: Wäckers, F.L.; P.C.J. van Rijn & J. Bruin (Eds.). *Plant Provided Food and Plant-Carnivore Mutualism*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, Pp. 305-325.
- Wilson, L.J. 1994. Plant-quality effect on life-history parameters of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on cotton. *Journal of Economic Entomology*, 87: 1665-1673.
- Wold, S.J. & W.D. Hutchison. 2003. Varietal Resistance to *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in Minnesota Strawberries and Control with Bifenthrin. *Journal of Entomological Science*, 38(4): 692-695.
- Wyman, J.A.; E.R. Oatman & V. Voth. 1979. Effects of varying two spotted spider mite infestation levels on strawberry yield. *Journal of Economic Entomology*, 72: 747-753.

- Wysoki, M. & E. Swirski. 1971. Studies on overwintering of predacious mites of the genera *Seiulus* Berlese and *Phytoseius* Ribaga in Israel (Acarina; Phytoseiidae). Israel Journal of Entomology, 6:55-70.
- Xu, J.; K.K. Lin & S.S. Liu. 2011. Performance on different host plants of an alien and an indigenous *Bemisia tabaci* from China. Journal of Applied Entomology, 135(10): 771-779.
- Yano, S.; M. Wakabayashi; J. Takabayashi & A. Takafuji. 1998. Factors determining the host plant range the phytophagous mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): method for quantifying host plant acceptance. Experimental and Applied Acarology, 22: 595-601.
- Yue B.; C.C. Childers & A.H. Fouly. 1994. A comparison of selected plant pollens for rearing *Euseius mesembrinus* (Acari: Phytoseiidae). International Journal of Acarology, 20: 103-108.
- Yue, B. & J.H. Tsai. 1996. Development, survivorship and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on selected plant pollens and temperatures. Environmental Entomology, 125: 488-494.
- Zalom, F.G. 2002. UC IPM Pest Management Guidelines: Strawberry, Insects and Mites. In: Philips P.A., UC IPM Program, UC Cooperative Extension Ventura Co. N.C. Toscano, Entomology, UC Riverside UC ANR, Publication 3468. www.ipm.ucdavis.edu/PMG/selectnewpest.strawberry.html.
- Zapater, M.C. (Ed.). 1996. El Control Biológico en América Latina. International Organization for Biological Control, Buenos Aires, Argentina.
- Zar, H.J. 1996. Biostatistical analysis. New Jersey: Prentice-Hall. New Jersey, 662 p.
- Zehnder, G.; G.M. Gurr; S. Kuehne; M.R. Wade; S.D. Wratten & E. Wyss. 2007. Arthropod pest management in organic crops. Annual Review of Entomology, 52: 57-80.
- Zembo, J.C. 2001. La frutilla en la region del Gran La Plata. Boletín Hortícola, 9(29): 45-52.
- Zemek, R. & E. Prenerova. 2003. Powdery mildew (Ascomycotina: Erysiphales) – an alternative food for the predatory mite *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae). Experimental & Applied Acarology, 21: 405-414.
- Zhang, Z.Q. 2003. Mites of Greenhouses. Identification, Biology and Control. CABI Publishing. (Eds.), 235 p.
- Zhang , Z.Q. & B.A. Croft. 1994. A comparative life history study of immature *Amblyseius fallacis*, *Amblyseius andersoni*, *Typhlodromus occidentalis* and *Typhlodromus pyri*

(Acari: Phytoseiidae) with a review of larval feeding patterns in the family. *Experimental and Applied Acarology*, 18: 631-657.

Índice de tablas

Tabla 2.1. Calendario de cosecha de frutilla en la Argentina (Fuente: Kirschbaum & Hancock, 2000).....	26
Tabla 2.2. Tasa intrínseca de crecimiento de <i>Tetranychus urticae</i> en diferentes cultivos y condiciones de temperatura y humedad.....	32
Tabla 3.1. Duración de cada estado y tiempo de desarrollo de huevo a adulto (media \pm desvío estándar) de <i>Neoseiulus californicus</i> alimentado con distintos estados de <i>Tetranychus urticae</i>	51
Tabla 3.2. Número de individuos de distintos estados de <i>Tetranychus urticae</i> consumidos por los estados inmaduros y hembras adultas de <i>Neoseiulus californicus</i> (promedio \pm desvío estándar).....	53
Tabla 3.3. Valores del Índice de preferencia α de Mainly. Diferentes estados de presa de <i>Tetranychus urticae</i> ofrecidos a distintos estados de <i>Neoseiulus californicus</i>	54
Tabla 3.4. Incidencia de diapausa (%) en poblaciones de <i>Neoseiulus californicus</i> de distinto origen geográfico y producidas comercialmente con <i>Tetranychus urticae</i> como alimento.....	56
Tabla 3.5. Duración de cada estado y tiempo de desarrollo de huevo a adulto (media \pm desvío estándar) de <i>Neoseiulus californicus</i> alimentada con distintos estados de <i>Tetranychus urticae</i> a 16°C y 11:13 L:O.....	57
Tabla 4.1. Cultivos del CHP muestreados en cada estación del año y número de lotes de cada cultivo (n).....	68
Tabla 4.2. Frecuencia de aparición (%) de <i>Neoseiulus californicus</i> y de <i>Tetranychus urticae</i> en los distintos cultivos muestreados en las estaciones de otoño e invierno.....	73
Tabla 4.3. Frecuencia de aparición (%) de <i>Neoseiulus californicus</i> y de <i>Tetranychus urticae</i> en los distintos cultivos muestreados en las estaciones de primavera y verano.....	75
Tabla 4.4. Regresiones lineales entre la frecuencia de aparición de <i>Neoseiulus californicus</i> y la frecuencia de <i>Tetranychus urticae</i> en los cultivos del CHP, en las diferentes estaciones del año.....	76
Tabla 4.5. Frecuencia de aparición (%) de las especies de vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla, y de <i>N. californicus</i> , en el CHP en otoño e invierno.....	84
Tabla 4.6. Frecuencia de aparición (%) de las especies de vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla, y de <i>N. californicus</i> , en el CHP en primavera y verano.....	87

Tabla 4.7. Regresiones lineales entre la frecuencia de aparición de <i>Neoseiulus californicus</i> (y) y la de las especies de la vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla (x), en las diferentes estaciones del año.....	90
Tabla 4.8. Frecuencia de aparición (%) de especies vegetales silvestres aledañas a los cultivos, y de <i>Neoseiulus californicus</i> , en el CHP en invierno y primavera.....	92
Tabla 4.9. Frecuencia de aparición (%) de especies vegetales silvestres aledañas a los cultivos, y de <i>Neoseiulus californicus</i> , en el CHP en verano.....	94
Tabla 4.10. Regresiones lineales entre la frecuencia de aparición de <i>Neoseiulus californicus</i> (y) y la de su presa principal, <i>Tetranychus urticae</i> (x), en la vegetación silvestre en los predios del CHP, en las diferentes estaciones del año.....	96
Tabla 4.11. Estado fenológico de las especies de vegetación silvestre adyacentes a las plantas de frutilla donde fue registrado <i>Neoseiulus californicus</i>	97
Tabla 4.12. Estado fenológico de las especies vegetales de la franja aledaña a parcelas de cultivos, y muestreadas esporádicamente*, en el que fue registrado <i>Neoseiulus californicus</i>	98
Tabla 5.1. Tiempo de desarrollo de protoninfa a adulto y duración de los estados de protoninfa y deutoninfa de <i>Neoseiulus californicus</i> alimentado con polen de distintas plantas y con <i>Tetranychus urticae</i> . Las letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas.....	114
Tabla 5.2. Frecuencia de aparición de <i>Neoseiulus californius</i> y <i>Tetranychus urticae</i> en hojas de <i>Sonchus oleraceus</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> y <i>Lamium amplexicuale</i> en distintos escenarios.....	116
Tabla 6.1. Categorización del tiempo de desarrollo, la supervivencia preimaginal y la fecundidad de <i>Tetranychus urticae</i> como favorables F, desfavorables D e intermedios I para el crecimiento poblacional sobre las variedades de frutilla más utilizadas en la Argentina, y clasificación de las mismas de acuerdo a la combinación de estas características de la plaga en (S): susceptibles; (S-M): de susceptibilidad moderada; (I): Intermedias entre susceptibles y resistentes; (R-M): de resistencia moderada y (R) resistentes.....	135
Tabla 6.2. Resultados del ANOVA de medidas repetidas para el consumo total de presas de <i>Tetranychus urticae</i> por <i>Neoseiulus californicus</i>	136
Tabla 6.3. Resultados del ANOVA de medidas repetidas para el consumo de huevos de <i>Tetranychus urticae</i> por <i>Neoseiulus californicus</i>	137

Tabla 6.4. Resultados del ANOVA de medidas repetidas para el consumo de ninfas de <i>Tetranychus urticae</i> por <i>Neoseiulus californicus</i> . ¹ Grados de libertad ajustados por el método de Greenhouse-Geisser (ξ : 0,905).....	137
Tabla 6.5. Resultados del ANOVA de medidas repetidas del consumo de adultos de <i>Tetranychus urticae</i> por <i>Neoseiulus californicus</i>	137
Tabla 6.6. Resultados del ANOVA de medidas repetidas para la fecundidad de <i>Neoseiulus californicus</i> . ¹ Grados de libertad ajustados por el método de Greenhouse-Geisser (ξ : 0,905).....	139
Tabla 6.7. Resultados del ANOVA anidado de la fecundidad de <i>Tetranychus urticae</i> sobre variedades de frutilla con alta y baja pilosidad glandular en la hoja.....	142
Tabla 6.8. Resultados del ANOVA anidado del consumo de presas por <i>Neoseiulus californicus</i> en variedades de frutilla con alta y baja pilosidad glandular en la hoja.....	143

Índice de figuras

Figura 2.1. <i>Fragaria x ananassa</i> , especie de frutilla utilizada comercialmente.....	22
Figura 2.2. Morfología de la planta de frutilla.....	23
Figura 2.3. Mapa de la República Argentina con las provincias productoras de frutilla.....	25
Figura 2.4. Provincias con mayor producción de frutilla en la Argentina.....	26
Figura 2.5. Cultivo de frutilla producido bajo túnel.....	27
Figura 2.6. Insectos herbívoros frecuentes en cultivo de frutilla del CHP. a) <i>Chaetosiphon fragaefolli</i> , b) <i>Lobiopa insularis</i> , c) trips y d) moscas blancas.....	29
Figura 2.7. Ciclo de vida de <i>Tetranychus urticae</i>	31
Figura 2.8. Tela que produce <i>Tetranychus urticae</i> sobre la planta de frutilla.....	33
Figura 2.9. Ciclo de vida de <i>Neoseiulus californicus</i>	36
Figura 2.10. Imagen satelital de la ciudad de La Plata y del Cinturón Hortícola Platense (círculo rojo).....	40
Figura 3.1. Dispositivo de cría.....	47
Figura 3.2. Plantas de frutilla a cielo abierto bajo media sombra.....	48
Figura 3.3. Unidad experimental.....	49
Figura 3.4. Diferentes estados de <i>Tetranychus urticae</i> ofrecidos a <i>Neoseiulus californicus</i>	50
Figura 3.5. Proporción de hembras adultas de 24h de edad de <i>Neoseiulus californicus</i> que entraron en estado de diapausa en condiciones de otoño y de invierno.....	56
Figura 4.1. Imagen satelital de predios del Cinturón Hortícola Platense.....	64
Figura 4.2. Diversificación espacio temporal de los cultivos en un predio representativo del CHP, estudiado en 2008-2009: a) cultivos presentes en otoño, b) cultivos presentes en invierno, c) cultivos presentes en primavera, d) cultivos presentes en verano.....	65-66
Figura 4.3. Cultivos más representativos en los predios del Cinturón Hortícola Platense.....	67-68
Figura 4.4. Vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla.....	71
Figura 4.5. a) Vegetación silvestre alemana a las parcelas de cultivos en un predio del Cinturón Hortícola Platense. b) Cuadrado de 0,5 x 0,5m utilizado en el muestreo.....	71

Figura 4.6. Número de cultivos presentes en predios del CHP en las distintas estaciones del año, y número de ellos con <i>Neoseiulus californicus</i> , con <i>Tetranychus urticae</i> , y con ambas especies.....	73
Figura 4.7. Análisis de correspondencia de la frecuencia de aparición de <i>Neoseiulus californicus</i> , ácaros e insectos, y cultivos registrados en otoño en el CHP.....	77
Figura 4.8. Análisis de correspondencia de la frecuencia de aparición de <i>Neoseiulus californicus</i> , ácaros e insectos, y cultivos registrados en invierno en el CHP.....	78
Figura 4.9. Análisis de correspondencia de la frecuencia de aparición de <i>Neoseiulus californicus</i> , ácaros e insectos, y cultivos registrados en primavera en el CHP.....	79
Figura 4.10. Análisis de correspondencia de la frecuencia de aparición de <i>Neoseiulus californicus</i> , ácaros e insectos, y cultivos registrados en verano en el CHP.....	80
Figura 4.11. Especies vegetales silvestres adyacentes a las plantas de frutilla o presentes a los costados de los camellones, en las cuales se registró la presencia de <i>Neoseiulus californicus</i>	81-82
Figura 4.12. Especies vegetales silvestres aledañas a los cultivos y aquellas muestreadas esporádicamente en los alrededores de los cultivos, en las cuales se registró la presencia de <i>Neoseiulus californicus</i>	91
Figura 4.13. Presencia de <i>Neoseiulus californicus</i> en especies de vegetación silvestre adyacente a las plantas de frutilla en predios hortícolas del CHP a lo largo del año. Línea azul: presencia de la planta, cuadrados azules: presencia de <i>Neoseiulus californicus</i> , círculos amarillos: presencia de <i>Tetranychus urticae</i>	96
Figura 4.14. Presencia de <i>Neoseiulus californicus</i> en especies de vegetación silvestre correspondiente a la franja de vegetación aledaña a los cultivos, y en los alrededores de los cultivos en predios del CHP a lo largo del año. Línea azul: presencia de la planta, cuadrados azules: presencia de <i>N. californicus</i> en franja de vegetación natural cuadrados rojo: vegetación silvestre en los alrededores de los cultivos, círculos amarillos: presencia de <i>Tetranychus urticae</i>	98
Figura 4.15. Análisis de correspondencia entre la frecuencia de <i>Neoseiulus californicus</i> , ácaros e insectos, y especies vegetales silvestres registrados en otoño- invierno en el CHP.....	99
Figura 4.16. Análisis de correspondencia entre la frecuencia de <i>Neoseiulus californicus</i> , ácaros e insectos, y especies vegetales silvestres registrados en primavera-verano en el CHP.....	100
Figura 5.1. Ácaro <i>Tydeus</i> spp. presente en cultivos de frutilla del CHP.....	107

Figura 5.2. a) Flores de <i>Fragaria x ananassa</i> y <i>Lamium amplexicaule</i> colectadas y b) anteras con polen de las mismas.....	109
Figura 5.3. Supervivencia diaria desde el estado de protoninfa hasta adulto de <i>Neoseiulus californicus</i> alimentado con polen de plantas silvestres aledañas al cultivo de frutilla, con polen de frutilla, y con individuos de <i>Tetranychus urticae</i>	113
Figura 5.4. Días de permanencia de los estados de protoninfa y deutoninfa de <i>Neoseiulus californicus</i> en la unidad experimental cuando se le ofreció diferentes tipos de polen y “honeydew” como alimento alternativo que no permitieron completar su desarrollo. Las barras representan el error estándar. Las columnas con letras iguales no son diferentes significativamente ($P < 0,05$, Test de Mann-Whitney).....	115
Figura 6.1. Unidades experimentales utilizadas para evaluar la tasa de consumo y la fecundidad de <i>Neoseiulus californicus</i> en distintas variedades de frutilla.....	130
Figura 6.2. Tricomas de la hoja de frutilla. a) tricomas simples y glandulares en la superficie abaxial. b) detalle de pelo simple, c) detalle de tricomas glandulares. b) y c) no están dibujados a escala, las diferencias de tamaño se observan en a).....	131
Figura 6.3. Diafanización y coloración de hojas de frutilla para la cuantificación de tricomas glandulares. a) folíolos de frutilla en hidróxido de sodio al 5% b) folíolo de frutilla después de sumergido en hipoclorito de sodio c) discos de frutilla teñidos con safranina.....	132
Figura 6.4. Tiempo de desarrollo (días) de huevo a adulto de <i>Tetranychus urticae</i> en distintas variedades de frutilla. Las barras negras indican el error estándar. Las columnas con letras iguales no son diferentes significativamente ($P < 0,05$, Test de Kruskal Wallis).....	133
Figura 6.5. Supervivencia preimaginal de <i>Tetranychus urticae</i> en distintas variedades de frutilla.....	134
Figura 6.6. Fecundidad de <i>Tetranychus urticae</i> sobre distintas variedades de frutilla. Las barras negras indican el error estándar. Las columnas con la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$, Test de Tukey).....	134
Figura 6.7. Consumo total de presas (huevos, ninfas y adultos de <i>Tetranychus urticae</i>) por <i>Neoseiulus californicus</i> sobre diferentes variedades de frutilla, a las 24, 48 y 72h. Las barras negras indican el error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que el consumo no difirió significativamente entre variedades, y letras minúsculas iguales en cada variedad indican que no hubo diferencias significativas del consumo en el tiempo ($P < 0,05$, Test de Bonferroni).....	136
Figura 6.8. Consumo de huevos de <i>Tetranychus urticae</i> por <i>Neoseiulus californicus</i> sobre diferentes variedades de frutilla, a las 24, 48 y 72h. Las barras negras indican el error	

estándar. Letras mayúsculas iguales indican que el consumo no difirió significativamente entre variedades, y letras minúsculas iguales en cada variedad indican que no hubo diferencias significativas del consumo en el tiempo ($P < 0,05$, Test de Bonferroni).....	138
Figura 6.9. Consumo de ninfas de <i>Tetranychus urticae</i> por <i>Neoseiulus californicus</i> sobre diferentes variedades de frutilla, a las 24, 48 y 72h. Las barras negras indican el error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que el consumo no difirió significativamente entre variedades, y letras minúsculas iguales en cada variedad indican que no hubo diferencias significativas del consumo en el tiempo ($P < 0,05$, Test de Bonferroni).....	138
Figura 6.10. Consumo de adultos de <i>Tetranychus urticae</i> por <i>Neoseiulus californicus</i> sobre diferentes variedades de frutilla, a las 24, 48 y 72h. Las barras negras indican el error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que el consumo no difirió significativamente entre variedades, y letras minúsculas iguales en cada variedad indican que no hubo diferencias significativas del consumo en el tiempo ($P < 0,05$, Test de Bonferroni).....	139
Figura 6.11. Fecundidad de <i>Neoseiulus californicus</i> sobre diferentes variedades de frutilla, a las 24, 48 y 72h. Las barras negras indican el error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que el consumo no difirió significativamente entre variedades, y letras minúsculas iguales en cada variedad indican que no hubo diferencias significativas del consumo en el tiempo ($P < 0,05$, Test de Bonferroni).....	140
Figura 6.12. Número promedio de pelos simples por mm^2 en las hojas de frutillas de las variedades más utilizadas en la Argentina. Las barras negras indican el error estándar. Las columnas con la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$, Test de Tukey).....	141
Figura 6.13. Número promedio de pelos glandulares por mm^2 en las hojas de frutillas de las variedades más utilizadas en la Argentina. Las barras negras indican el error estándar. Las columnas con la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$, Test de Kruskal Wallis).....	141
Figura 6.14. Fecundidad de <i>Tetranychus urticae</i> en variedades de frutilla con alta pilosidad (columnas rojas) y baja pilosidad (columnas naranjas) glandular. Las barras indican el error estándar. Las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($P < 0,05$, Test de Tukey).....	142
Figura 6.15. Consumo de <i>Neoseiulus californicus</i> a las 72h de diferentes estados de desarrollo de <i>Tetranychus urticae</i> en variedades de frutilla con alta pilosidad (columnas verdes) y baja pilosidad glandular (columnas azules). Las barras negras indican el error	

estándar. Las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($P < 0,05$, Test de Tukey).....143